

ABEL DA SILVA CRUVINEL

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA CULTURA DA CANOLA PARA A  
MESORREGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA – MG

Uberlândia-MG

2018

**ABEL DA SILVA CRUVINEL**

**Zoneamento Agroclimático da Cultura da Canola para a Mesorregião do Triângulo  
Mineiro e Alto Paranaíba – MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Biocombustíveis UFVJM/UFU, da Universidade  
Federal de Uberlândia, como exigência para obtenção do  
título de Mestre em Ciência e Tecnologia de  
Biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Banca de Avaliação:

---

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo – UFU

Orientador

---

Prof. Dra. Vanessa Junia Machado – UNIPAM

Membro

---

Prof. Dra. Sarah Arvelos – UFU

Membro

Uberlândia-MG

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

C957z Cruvinel, Abel da Silva, 1992-  
2018 Zoneamento agroclimático da cultura da canola para a mesorregião  
do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG [recurso eletrônico] / Abel  
da Silva Cruvinel. - 2018.

Orientador: Reginaldo de Camargo.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.986>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Biocombustíveis. 2. Óleos vegetais como combustível. 3.  
Climatologia agrícola. 4. Canola. I. Camargo, Reginaldo de, (Orient.) II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em  
Biocombustíveis. III. Título.

---

CDU: 662.756

Maria Salete de Freitas Pinheiro - CRB-6/1262

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus e toda espiritualidade envolvida na organização da dinâmica terrestre;

Aos meus pais que me deram total suporte em todos os momentos da minha vida, e também para conclusão do mestrado, assim como minha irmã Gabriela que sempre soube como me motivar e me incentivar a seguir em frente.

Aos amigos, família, professores e colegas que participaram da minha vida e que contribuíram de alguma forma para com a finitude desse projeto, deixo meus sinceros agradecimentos, os quais serão sempre insuficientes;

Ao meu professor orientador Reginaldo de Camargo, o qual sempre esteve disponível, solícito e com uma paciência que confesso muitas vezes não ter merecido;

Ao meu professor coorientador Cláudio Ricardo da Silva, o qual se prontificou em ajudar na obtenção dos dados climáticos, e sempre esteve disponível e solícito.

Aos docentes, discentes e funcionários do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis da Universidade Federal de Uberlândia;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

A produção de espécies oleaginosas no Brasil representa atualmente a base da produção de biodiesel e sua parcela na matriz energética nacional, sendo esta produtividade uma derivada da capacidade produtiva de regiões de interesse, suas aptidões edafoclimáticas e mercadológicas. A canola (*Brassica napus L. var oleifera*) é uma cultura de inverno difundida mundialmente devido à qualidade do óleo produzido e sua viabilidade econômica e valores comparados ao da soja. A falta de estudos que amparem e caracterizem áreas aptas ao plantio da canola no Brasil influí diretamente na disseminação da cultura nacionalmente, sendo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento o responsável pela elaboração dos zoneamentos agroclimáticos das espécies vegetais no Brasil. O estudo em questão aborda a elaboração do zoneamento agroclimático da canola na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba com latitude -19.183 e longitude -48.331, localizada no estado de Minas Gerais, através da criação de modelos climáticos digitais e processamento de mapeamentos de solo e seus dos dados pedológicos e texturais da região de interesse. Com resultados obtidos a partir da espacialização de dados climáticos como as temperaturas médias mensais e interpolação da capacidade evapotranspirativa da região de interesse, assim como sua classificação textural, e determinação do déficit hídrico médio mensal e anual, em operações cartográficas realizadas em ambiente georreferenciado, foram enquadradas de forma satisfatória as áreas aptas para plantio da canola, com limitantes entre obrigatoriedade de irrigação ou irrigação de forma facultativa.

**Palavras-chave:** Balanço Hídrico; Óleos Vegetais; Agroclimatologia

## ABSTRACT

The production of oleaginous species in Brazil currently represents the basis of biodiesel production and its share in the national energy matrix, this productivity being a derivative of the productive capacity of regions of interest, their edaphoclimatic and market aptitudes. Canola (*Brassica napus L. var oleifera*) is a winter crop spread worldwide due to the quality of the oil produced and its economic viability and values compared to that of soybeans. The lack of studies that support and characterize areas suitable for planting canola in Brazil directly influences the dissemination of culture nationally, with the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply being responsible for the elaboration of agroclimatic zoning of plant species in Brazil. The present study deals with the elaboration of the agroclimatic zoning of canola in the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba mesoregion with latitude -19.183 and longitude -48.331, located in the state of Minas Gerais, through the creation of digital climate models and processing of soil and the textural and pedological data of the region of interest. With results obtained from the spatialization of climatic data such as the monthly average temperatures and interpolation of the evapotranspirative capacity of the region of interest, as well as its textural classification and determination of the monthly and annual mean water deficit, in cartographic operations carried out in a geo-referenced environment were satisfactorily fit the areas suitable for planting canola, with limitations between mandatory irrigation or irrigation.

**Keywords:** Hydric balance; Vegetable Oils; Agroclimatology

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espacialização das Estações Climatológicas Automáticas .....	17
Figura 2 - Base Pedológica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.....	18
Figura 3 - Fluxograma da Espacialização dos Elementos do Balanço Hídrico para Zoneamento Agrícola .....	21
Figura 4 - Textura de Solos do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba .....	23
Figura 5 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Janeiro – Ano Base 2014.....	26
Figura 6 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Fevereiro – Ano Base 2014.....	27
Figura 7 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Março – Ano Base 2014.....	27
Figura 8 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Abril – Ano Base 2014.....	28
Figura 9 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Maio – Ano Base 2014.....	28
Figura 10 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Junho – Ano Base 2014.....	29
Figura 11 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Julho – Ano Base 2014 .....	29
Figura 12 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Agosto – Ano Base 2014.....	30
Figura 13 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Setembro – Ano Base 2014.....	30
Figura 14 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Outubro – Ano Base 2014.....	31
Figura 15 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Novembro – Ano Base 2014 .....	31
Figura 16 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Dezembro – Ano Base 2014 .....	32
Figura 17 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Janeiro – Ano Base 2014.....	33
Figura 18 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Fevereiro – Ano Base 2014 .....	34
Figura 19 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Março – Ano Base 2014.....	34
Figura 20 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Abril – Ano Base 2014.....	35
Figura 21 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Maio – Ano Base 2014.....	35
Figura 22 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Junho – Ano Base 2014.....	36
Figura 23 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Julho – Ano Base 2014.....	36
Figura 24 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Agosto – Ano Base 2014.....	37
Figura 25 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Setembro – Ano Base 2014 .....	37
Figura 26 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Outubro – Ano Base 2014 .....	38
Figura 27 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Novembro – Ano Base 2014 .....	38
Figura 28 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Dezembro – Ano Base 2014...	39
Figura 29 - Espacialização da Precipitação Acumulada no Ano Base - 2014.....	40
Figura 30 - Espacialização da Evapotranspiração Acumulada no Ano Base - 2014.....	41
Figura 31 – Espacialização da Atitude de Estações Automáticas Ano Base - 2014 .....	42
Figura 32 - Espacialização da Restrição Térmica para Canola (Brassica napus L. var oleifera) .....	43
Figura 33 - Zoneamento Agrícola para Canola (Brassica napus L. var oleifera) na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba- MG .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Microrregiões Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba .....	16
Tabela 2 - Estações Automáticas no Estado de Goiás.....	19
Tabela 3 - Estações Automáticas no Mato Grosso do Sul.....	19
Tabela 4 - Estações Automáticas no Estado de Minas Gerais.....	20
Tabela 5 - Estações Automáticas no Estado de São Paulo .....	20
Tabela 6 - Estações Utilizadas na Elaboração dos Modelos Climáticos Digitais .....	23
Tabela 7 - Classificação Textural de Solo Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.....	24
Tabela 8 - Déficits Hídricos Mensais – Ano Base 2014.....	25
Tabela 9 - Temperaturas Médias Mensais – Ano Base 2014 .....	25
Tabela 10 - Precipitação e Evapotranspiração Cumulada em mm/Ano – 2014 .....	26
Tabela 11 - Exigência Climática para Canola ( <i>Brassica napus L. var oleifera</i> ).....	43

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo Geral .....	10
2.2    Objetivos Específicos .....	10
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	11
3.1 A demanda Mundial de Energia .....	11
3.2 <i>Canola Brassica Napus L. Var Oleífera</i> .....	12
3.3 A produção dos Biocombustíveis e o Biodiesel .....	13
3.3.1 Produção de Óleos Vegetais – Matéria Prima para fabricação de Biodiesel.....	13
3.4 Zoneamento Agrícola .....	14
3.4.1 Bases de Dados.....	15
4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	15
4.1 Área de Estudo .....	15
4.2 Pedologia .....	17
4.3 Balanço Hídrico .....	19
4.4 Interpolação dos Dados Climáticos .....	22
4.5 Geração dos Modelos Climáticos Digitais .....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
5.1 Caracterização Textural .....	23
5.2 Balanços Hídricos e Modelos Climáticos Digitais .....	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
REFERÊNCIAS.....	46

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por uma fonte alternativa consistente para a geração de combustível no Brasil contribuiu efetivamente para a disseminação de linhas de pesquisa para fins energéticos, e de forma correlativa, influenciou positivamente a elaboração de estudos climáticos que balizassem a tomada de decisão sobre escolhas de espécies oleaginosas, áreas de plantio e possibilidade de sucesso na produção das mesmas com riscos calculados.

Excepcionalmente, a elaboração de modelos climáticos que sirvam de amparo para o planejamento agrícola, tomou frente nos estudos de viabilidade técnica de produção vegetal, sendo utilizados em larga escala como agentes centrais, informativos, além da sua utilização como métodos de controle e indicadores ambientais nas lavouras brasileiras.

A significância da produção de biocombustíveis a partir da utilização de óleos vegetais, tem uma ampla abordagem, quando considerada a capacidade produtiva nacional e relacionada à capacidade de produção de biocombustíveis instalada e controlada pela Agência Nacional de Petróleo Biocombustíveis e Gás Natural – ANP.

Categoricamente, os tipos de biocombustíveis com maior representatividade produtiva em escala industrial, no Brasil destacam-se de forma unitária, sendo estes, os modelos consolidados de produção de etanol e de produção de biodiesel, como principal agente influente do cenário viário nacional, com volume de produtividade pura de biodiesel indicando aproximadamente 4 bilhões de litros, e a capacidade nominal para produção de 7,4 bilhões de litros. (ANP, 2016).

Regulamentada pela Lei Federal nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, a introdução e mistura compulsória do biodiesel ao diesel oriundo do petróleo serviu como gatilho para a evolução do cenário energético atual. Tal desenvolvimento tecnológico visa especificamente o uso dos óleos vegetais nos processos de transesterificação para fabricação do biodiesel, o que representa uma grande evolução da matriz energética nacional. (BRASIL, 2017).

Com grande significância no cultivo, a canola (*Brassica napus L. var oleifera*), espécie oleaginosa de inverno é considerada a terceira espécie oleaginosa mais cultivada do mundo, representando 15% da produção de óleo comestível no cenário mundial. (ESTEVEZ et al., 2014). Com área de produção concentradas entre Paraná, Rio Grande do sul, Minas Gerais e Santa Catarina, tendo rendimento estimado entre 1.226 kg ha<sup>-1</sup> na Safra de 2012, 1.381 kg ha<sup>-1</sup>, segundo Bandeira et al. (2013) para a safra de 2013, 1.544 kg ha<sup>-1</sup> na Safra de

2012, segundo Ferreira (2015), e com realidades para as safras de 2016 e 2017 com produtividades de  $1.514 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $1.552 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, segundo a Conab (2017).

Os grãos de canola produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteína e, em média, 38% de óleo, oportunizando a produção de óleos vegetais no inverno, com aproveitamento de janelas climáticas e entressafras, somando-se à produção de soja no verão, e contribuindo para otimização dos meios de produção disponíveis. (TOMM, et al, 2009).

A grande disponibilidade de áreas de terra adequadas ao desenvolvimento agrícola de espécies oleaginosas no Brasil atualmente, pode ser ilustrada como o exemplo de áreas com ociosidade produtiva, grande brangência territorial, porém, que sejam providas de fatores edafoclimáticos compatíveis com as exigências fisiológicas das plantas de interesse, que relacionadas à produção de canola, permitiriam a expansão da produção de óleo para utilização como biodiesel, além de expandirem o emprego desse óleo para consumo humano e contribuirem decisivamente para tornar o Brasil em um importante exportador desse produto. (TOMM, et al, 2009).

O óleo de canola é o mais utilizado na Europa atualmente para produção de biodiesel e constitui padrão de referência no mercado europeu. O farelo de canola e sua representatividade proteica, o enquadra como excelente suplemento protéico na formulação de rações para bovinos, suínos, ovinos e aves, e tem sido comercializado sem dificuldades.

A espécie de canola cultivada no Brasil atualmente foi desenvolvida por melhoramento genético convencional de colza, e seu método de cultivo se encaixa nos padrões sistemáticos de rotação de culturas para produção de grãos, constituindo excelente opção de cultivo de inverno na região Sul, por redução de problemas fitossanitários de leguminosas, como soja, feijão, e gramíneas, como o milho, trigo e cereais cultivados nas áreas em questão.

O nome canola é um termo genérico internacional, e não representa uma marca registrada industrialmente, sendo descrita oficialmente como um óleo com menos de 2% de ácido erúcico e menos de 30 micromoles de glucosinolatos por grama de matéria seca da semente. (TOMM, et al, 2009).

Contudo, por ser uma espécie de inverno, o conhecimento das condições climáticas regionais e ideais para o desenvolvimento da canola foram enquadradadas como uma base fundamental de conhecimentos para o desenvolvimento agrícola da mesma em uma região de interesse pautada com grande viés agrícola.

A grande variabilidade edafoclimática existente no Estado de Minas Gerais é um fator limitante para o desenvolvimento agrícola de certas culturas, sendo necessária a abordagem sistêmica de áreas potenciais e suas aptidões às culturas que se adaptam aos respectivos climas e microclimas das regiões de interesse.

Nessa perspectiva, o geoprocessamento aplicado ao zoneamento agroclimático da canola, mostrando-se responsável pela elucidação de técnicas para produção de informação e modelos climáticos, visa especificamente a viabilidade técnica para desenvolvimento desta espécie. Sendo assim, o objetivo desse trabalho, foi balizado ao desenvolvimento do zoneamento agroclimático de cultivares de canola por meio de técnicas de geoprocessamento aplicadas à mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba no estado de Minas Gerais georreferenciada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e estatística no ano de 2015.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo do presente trabalho foi elaborar o zoneamento agroclimático da Canola *Brassica napus L. var oleifera*, através de técnicas de Geoprocessamento, com amparo de dados de estações climatológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia, interpolados em base cartográfica fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, juntamente aos dados pedológicos referentes à Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Executar a classificação pedológica e textural da área de estudo e o balanço hídrico dos dados climáticos na região de estudo
- Gerar os modelos Climáticos Digitais de espacialização da temperatura média mensal e anual, defcít hídrico mensal e anual da área de estudo
- Gerar o Zoneamento agrícola da Canola *Brassica napus L. var oleifera* no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 A demanda Mundial de Energia**

A atual configuração da matriz energética mundial, detém uma demanda por energia que configura uma taxa de crescimento rápido e elevada. Tal fator contribui para o desenvolvimento Industrial, mas quando considerada o share mais significativo da matriz energética, como os combustíveis fósseis, essa informação torna-se alarmante, por se sustentar em componentes derivados do petróleo e concomitantemente, recursos não renováveis. (HASAN; RAHMAN, 2017).

A discussão sobre a possibilidade de escassez do petróleo tem sido debatida pela comunidade científica de forma categórica em projeções econômicas com destaque em diversos estudos que pontuam os níveis de produção em escala mundial, e que consideram seus picos de produtividades indexados às previsões de decaimento da escala produtiva referente. Como é fato que a característica fóssil do petróleo representa sua garantia anunciada de escasso, podendo ou não ser prolongada de acordo com a demanda produtiva, a utilização de alternativas para substituição do mesmo, representa uma alternativa para subsídeo de um projeto de segurança energética da matriz mundial, além da redução de gargalos ambientais, que historicamente fazem referência à situação crítica da prerrogativa existente. (OLIVEIRA; COELHO, 2017).

Considerando o crítico cenário, a utilização dos biocombustíveis e sua inserção na problemática de substituição mostram-se como única alternativa que garanta suporte energético à matriz energética, além do seu funcionamento como agente responsável pela mitigação de problemas com representatividade de impactos ambientais causados pelo uso desordenado e queima de combustíveis fósseis, como a possibilidade de sequestro de carbono e compensação ambiental pelas emissões atmosféricas oriundas de atividades de queima dos combustíveis fósseis. (HASAN; RAHMAN, 2017; OLIVEIRA; COELHO, 2017; SHARMA; PARNAS; LI, 2011), além da possibilidade de conservação da qualidade do solo e da água, garantidas pela produção agrícola consciente e determinação de métodos de manejo e cobertura de solo por espécies vegetais, com intuito de redução dos processos de carregamento e furto de solo pelos processos erosivos.

### 3.2 Canola *Brassica napus L. Var Oleifera*

A canola (*Brassica napus L. var oleifera*), é a espécie oleaginosa, considerada como uma das mais importantes na agricultura mundial, além de constituir a base para fabricação na matriz do biodiesel mundial, ressaltando a relevância de sua produção e sua contribuição como fonte de energia renovável. (TAN et al., 2009).

Sua produção no brasil, no ano de 2017 tem como média de retorno monetário para os produtores de canola, em exemplo da Região Centro Sul, com valores em torno de R\$ 66,07 correspondentes à saca de 60 kg, que quando comparados ao mês de Dezembro de 2016, esse valor representa uma queda percentual de 4,4, sendo a variação anual respectiva a 9,3%. (CONAB, 2017)

A alteração do mercado interno de grãos, no ano de 2017, devido ao período de negócios sinalizado por pequenas alterações, teve como principal fator motivacional, a variação do dólar naquele período, juntamente à maior oferta do produto no mercado. Para o mês de Janeiro de 2017, a queda do preço, deu-se a baixo da média praticada no ano de 2016 nas principais regiões produtoras, quando o dólar nesse período de 11/01/2017 a 10/02/2017 alcançou a média de R\$ 3,16. (CONAB, 2017)

A cotação de canola grão na Argentina, em Hamburgo em 2017, atingiram valores médios respectivos à US\$ 400,00 e US\$ 439,00 a tonela, e o óleo cotado a US\$ 825,00 a tonaleada, no mesmo ano, representando um aumento de 1,9%, em relação ao ano anterior, em que a variação foi de aumento em torno de 5,8%. (CONAB, 2017)

A União Européia, considerada como maior produtor e consumidor mundial de canola grão, com uma produção na safra 2016/17 estimada em 20,0 milhões de toneladas, com consumo de 24,2 milhões de toneladas, para o mesmo ano, identificou uma queda no consumo da ordem de 4,0% e com perspectiva de importação de grãos de canola em torno de 3,5 milhões de toneladas e 0,3 milhões de toneladas de óleo para a safra em referência. O segundo maior produtor de grãos é o Canadá, com uma produção da ordem de 18,5 milhões de toneladas, e um consumo previsto de 9,4 milhões de toneladas. A produção de óleo canadense gira em torno de 3,9 milhões de toneladas, com um consumo em torno de 0,8 milhões de toneladas para a safra 2016/17, e exportação em torno de 3,2 milhões de toneladas para safra do mesmo ano.

### 3.3 A produção dos Biocombustíveis e o Biodiesel

A definição de biocombustível dada por Gadret, (2009), aborda uma fonte de energia renovável e uma alternativa tecnicamente viável que podem contribuir positivamente para o enfrentamento de desafios globais, em várias dimensões, como o desenvolvimento sustentável, a segurança energética, as alterações do clima e o desenvolvimento e a competitividade regional e das zonas rurais.

Contudo, um mercado internacional de biocombustíveis e seu estabelecimento, irá exigir um número maior de produtores e consumidores, e não somente uma harmonização da dinâmica produtiva e suas preconizações como normas regulamentadoras, sejam aceitas em conformidade legal destes produtos.

O desenvolvimento de pesquisas abordando os biocombustíveis e os métodos disponíveis em sua área de aplicação, é crescente, e considerando principalmente as fontes renováveis para produção de combustíveis com propostas e vantagens ambientais, de origem vegetal, animal e/ou residual, tais como biodegradabilidade e desenvolvimento de novos potenciais agrícolas e inserção de biomassas em ciclos produtivos, contribuem positivamente para o aumento da produção dos biocombustíveis e consequentemente aumente da demanda do mercado, acompanhando a tendência dos maiores produtores de biocombustíveis mundiais, como a produção de etanol concentrada no Brasil e EUA, e Biodiesel com concentração de maior produtividade na Alemanha, figurando o Brasil como segundo maior produtor, deste, a partir do ano de 2014. (GAURAV et al., 2016; ANP, 2016; ESCOBAR et al., 2009).

O Biodiesel é um combustível líquido que contém em sua estrutura química ésteres monoalquilaicos de ácidos graxos oriundo de matéria prima como os óleos vegetais, gorduras animais, lipídeos de algas ou resíduos de óleos e gorduras desde que apresentem ácidos graxos livres e trialciglicerídeos. Utilizado como combustível, tem sido uma alternativa ao diesel derivado do petróleo, em volume integral ou percentuais de adição no óleo diesel, apesar de apresentar inconsistências quanto a sua utilização pura em incompatibilidade com a dinâmica motora da frota atual, sendo responsável pela limpeza dos motores e aculção de borra proveniente da queima de combustível anterior. (KNOTHE et al., 2017; GUO; SONG; BUHAIN, 2015).

#### 3.3.1 Produção de Óleos Vegetais – Matéria Prima para fabricação de Biodiesel

Os óleos vegetais, como as principais fontes de matéria prima para a produção de biodiesel, indicam a condução, manutenção e análise dos aspectos econômicos e sociais da capacidade brasileira de esmagamento de oleaginosas, considerando o óleo de soja o principal óleo produzido no Brasil, além do principal componente para a produção do biodiesel no país, atualmente, abre brecha para a possibilidade de aproveitamento de janelas produtivas para outras espécies oleaginosas, como o produção do óleo de canola. (OSAKI, 2011).

No Brasil, a pesquisa, desenvolvimento e o cultivo de canola em escala comercial teve início em 1974 no Rio grande do sul, e segundo Tomm (2009), após extensiva experimentação, já em 2006, foi iniciado o cultivo comercial da canola com ampla e estável resistência, possuindo características que conferem maior segurança à produção, sem custo adicional ao produtor rural.

Os escassos investimentos em pesquisa brasileiras, são os principais contribuintes para a existência de dificuldades tecnológicas para a expansão do cultivo dessa oleaginosa em nosso país, sendo necessária a identificação de épocas de semeadura para regiões com maior altitude e o ajuste de outras tecnologias de manejo à cada região. Além da necessidade de resultados de pesquisas para aperfeiçoamento do uso de fertilizantes, e métodos de manejo relacionados as opções climáticas e seus limitantes. O desenvolvimento de tecnologia visando à redução de perdas na colheita de canola também poderá contribuir decisivamente para o aumento da rentabilidade do cultivo, e indiretamente, a elaboração de estudos com amparo climático para o direcionamento dos cultivares às áreas com potencial compatível para o seu desenvolvimento compõe uma forte e necessária linha de atuação acadêmica.

### **3.4 Zoneamento Agrícola**

O zoneamento Agrícola é um instrumento de política e gerenciamento agrícola e gestão sob responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), no qual fica estabelecido o risco de perdas de lavouras em função da ocorrência de eventos climáticos adversos, principalmente a seca. (BRASIL, 2006). Sendo também pré-requisito para a recomendação e planejamento de desenvolvimento de uma nova cultura para uma determinada região, utilizado como um dos critérios básicos de planejamento para concessão de crédito agrícola, oficial e de seguro rural privado e público.

A base fundamental para a elaboração do zoneamento agrícola engloba inforções que partem dos princípios básicos para desenvolvimento das culturas vegetais, considerando e

quantificando a capacidade do solo e sua retenção de água, essa, necessária para o desenvolvimento da espécie em questão, assim como precipitação pluviométrica, evapotranspiração, e respectivos balanços hídricos, indexados a uma base de dados georreferenciada, considerando abrangência da região de interesse, em concordância com as informações climáticas também georreferenciadas. (BRASIL, 2012).

### 3.4.1 Bases de Dados

As bases de dados brasileiras que contêm as informações técnicas sobre, a divisão geopolítica da malha municipal, georreferenciada, datada, e executada em 2015, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Pedologia, datada, e executada em 2010, pela Companhia de pesquisa de Recursos Minerais do Serviço Geológico Brasileiro – CPRM, e Base climatológica disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, em estações climatológicas automatizadas. (IBGE, 2015; CPRM, 2010; INMET, 2016).

O ambiente de processamento das bases de dados e de organização da sistemática de informações georreferenciada no Brasil, acompanha as determinações oficiais da América Latina, sendo referenciado pelo sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000, este o modelo padrão de distribuição geográfica de dados espaciais da América Latina atualmente.

O surgimento do SIRGAS2000, teve como fundamento sua utilização em atividades de topografia, mapeamento, Sistemas de Informações Geográficas – SIG, sensoriamento remoto, gerenciamento de recursos naturais, gerenciamentos de terra, reordenamento agrário, entre outros. Com observâncias de benefícios do seu emprego, unificação e padronização dos sistemas de referências geográficas que podem ser sentidos em curto, médio e longo prazos, com sua utilização como sistema padrão para usuários do geoprocessamento e áreas afins.

## 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 4.1 Área de Estudo

Para alcance dos objetivos do trabalho, foram obtidas bases de dados referentes à Composição geopolítica, pedologia, classes de solos, e clima correspondente à Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. As bases de dados utilizadas no trabalho foram obtidas através de download nos portais para acesso a dados georreferenciados do Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, data referente à base geopolítica do ano de 2015, sendo esta a mais recente disponível. A base pedológica também utilizada nesse estudo foi obtida através da plataforma de download de arquivos vetoriais do Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Serviço Geológico Brasileiro – CPRM, com ano base de 2010, e estudo referente ao estado de Minas Gerais – MG, e a base climatológica foi obtida por meio da Solicitação direta de dados climáticos ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, com anos de referência entre 2007 e 2016. (IBGE, 2015; CPRM, 2010; INMET, 2017).

A área de estudo para o desenvolvimento do Zoneamento Agroclimático da Canola, é especificamente a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais, com coordenadas centrais sendo Latitude -19,183 e Longitude -48,331 graus decimais, a qual tem sua composição geopolítica dividida em 7 microrregiões, expressas na Tabela 1.

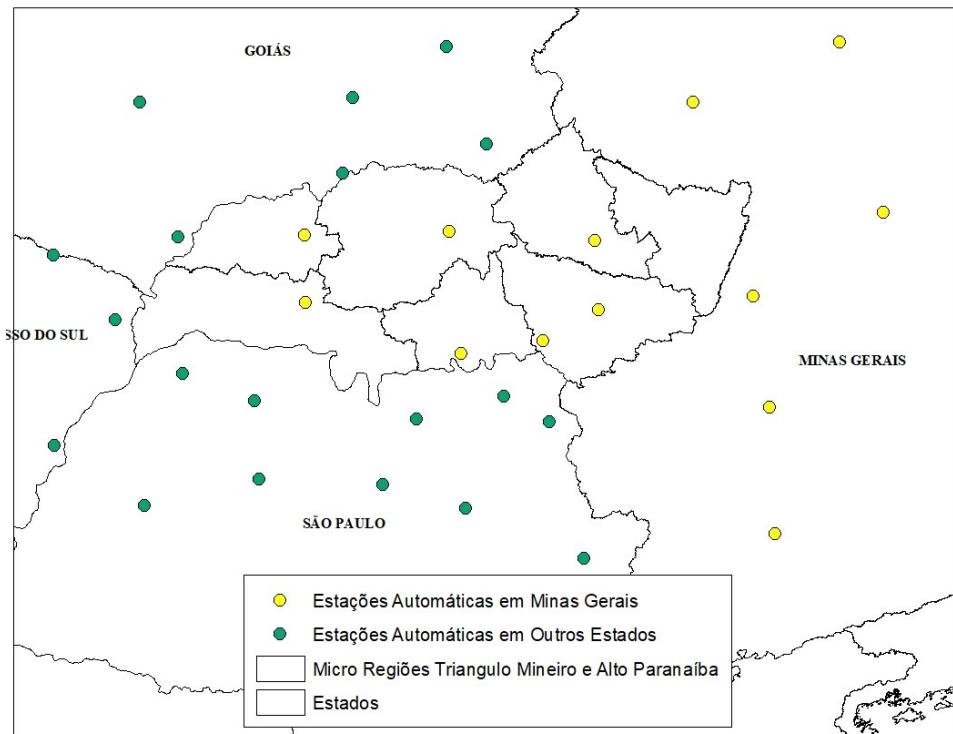
Tabela 1 – Microrregiões Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

		Área km <sup>2</sup>		
Microrregiões	Araxá	18826,25364	Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	90768,18017
	Frutal	9391,612096		
	Ituiutaba	11994,02432		
	Patos de Minas	10730,96884		
	Patrocínio	8786,857378		
	Uberaba	16935,6254		
		14102,8385		

Fonte: IBGE (2015)

A mesorregião foi escolhida para a realização do estudo devido ao seu grande potencial de desenvolvimento agrícola, capacidade produtiva instalada, além da determinação e facilidade de aquisição dos dados climáticos e pedológicos, necessários para a execução so mesmo, considerando também a viabilidade técnica para processamento dos dados digitais, como pode ser observada na Espacialização Geopolítica juntamente com as Estações Climatológicas de Interesse, disposta na Figura 1 a seguir:

Figura 1 - Espacialização das Estações Climatológicas Automáticas



Fonte: IBGE, (2015); INMET, (2017), Organizado por: Autor, (2017)

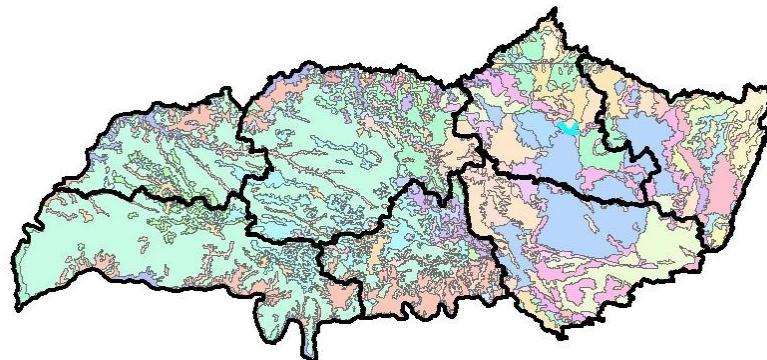
A base de dados de divisão geopolítica utilizada neste estudo foi fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), no formato *shapefile* e processada no Sistema Geodésico de Referência Oficial da América Latina SIRGAS 2000 para georreferenciamento e cálculo das áreas das microrregiões correspondentes à mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

## 4.2 Pedologia

### 4.2.1 Classificação Pedológica

O processamento da base de dados pedológicos, fornecida pelo Centro Tecnológico de Lavras (CETEC) em parceria com a Fundação Estatal do Meio Ambiente (FEAM), Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), através do Banco de Solos de Minas Gerais, também em formato *shapefile*, foi feito manualmente, através do refino das classes pedológicas, para distinção de seus níveis texturais e estimativa de retenção de umidade, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Base Pedológica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba



Fonte: UFV - CETEC - UFLA - FEAM (2010); IBGE (2015)

A segregação das classes de solo foi feita de acordo com a legenda expandida do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, (2010), fornecida pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), de forma direcionada às classes de solo da área em estudo, juntamente à base de Geodiversidade para classificação textural fornecida pelo Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, que quando cruzadas as informações obtidas com a base de dados fornecida pelo Mapa de Solos resultou na confirmação da textura de solo da área de estudo e determinação de sua abrangência. (CPRM, 2010; UFV, 2010)

#### 4.2.2 Classificação Textural

As classes texturais obtidas através do processamento das bases de dados, estão ligadas diretamente à sua capacidade de retenção de umidade, influenciando diretamente a Capacidade de Água Acumulada no solo (CAP). A segregação das mesmas foi feita através das informações extraídas do Sistema de Informações Georreferenciadas e os dados planilhados foram distribuídos e aglomerados considerando seus percentuais de Areia, Argila e Silte, provenientes do processamento digital dos dados pedológicos em formato vetorial dentro do ambiente Georreferenciado.

Os parâmetros texturais utilizados no estudo, foram refinados a partir do refino manual da base de dados padronizada e disponibilizada pelo Departamento de Solo da Universidade federal de Viçosa, preconizando apenas as informações de interesse para a realização do estudo, que dispostos na a legenda expandida do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais,

(2010), em códigos de identificação, foram agrupados em classes, e segregados para identificação em ambiente georreferenciado.

#### 4.3 Balanço Hídrico

Os dados climáticos utilizados, foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através de estações automáticas situadas nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo. A utilização das estações localizadas nos estados em torno da do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, mostrou-se necessária devido à confiabilidade da modelagem climática quando considerada os efeitos de borda existentes entre a amplitude da área de estudo e suas respectivas estações.

Os dados de identificação e relação das estações utilizadas, foram obtidos através do portal de acesso às estações automáticas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo dispostas por número de identificação, nome e estado correspondente, as quais se encontram citadas nas Tabelas 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5, referentes às cidades localizadas nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo, respectivamente.

Tabela 2 - Estações Automáticas no Estado de Goiás

Nº da Estação	Nome da Estação
A034	Catalão
A035	Itumbiara
A003	Morrinhos
A33	Pires do Rio
A025	Rio Verde
A011	São Simão

Fonte: INMET, 2017

Tabela 3 - Estações Automáticas no Mato Grosso do Sul

Nº da Estação	Nome Estação
A759	Bataguassu
A742	Cassilândia
A730	Chapadão do Sul
A710	Paranaíba
A704	Três Lagoas

Fonte: INMET, 2017

Tabela 4 - Estações Automáticas no Estado de Minas Gerais

Nº da Estação	Nome Estação	Nº da Estação	Nome Estação
A505	Araxá	A553	João Pinheiro
A519	Campina Verde	A523	Patrocínio
A520	Conceição das Alagoas	A545	Pirapora
A538	Curvelo	A525	Sacramento
A536	Dores do Indaiá	A507	Uberlândia
A524	Formiga	A515	Varginha
A512	Ituiutaba		

Fonte: INMET, 2017

Tabela 5 - Estações Automáticas no Estado de São Paulo

Nº da Estação	Nome Estação
A736	Ariranha
A748	Barretos
A738	Casa Branca
A708	Franca
A753	Ituverava
A733	Jales
A735	José Bonifácio
A747	Pradópolis
A734	Valparaiso
A729	Votuporanga

Fonte: INMET, 2017

O tratamento dos dados climáticos foi realizado no Sistema de Informações Geográficas (SIG). Neste sistema, a entrada das coordenadas geográficas anteriormente citadas, mostrou-se necessária, para espacialização das estações automáticas, sendo esse procedimento realizado através da entrada de suas coordenadas dispostas em uma planilha de disposição numérica em ambiente georreferenciado.

O software utilizado como base para gerenciamento dos dados espaciais e Sistema de Informações Georreferenciadas foi o ArcGIS fornecido pela ESRI, disponibilizado pelo Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto do Centro Universitário de Patos de Minas – MG através de empréstimo da licença de sua versão 10.3 e respectivas extensões.

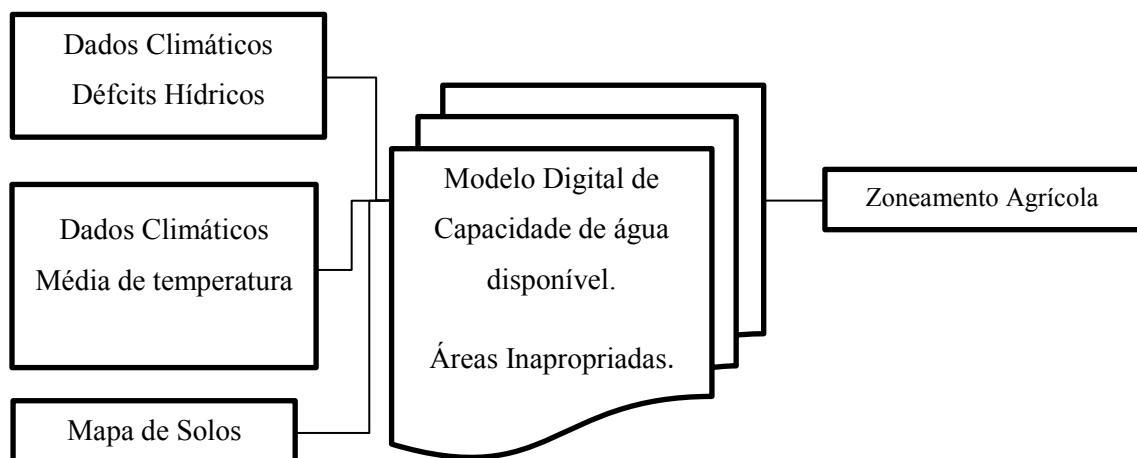
O processamento das bases de dados no ArcGIS, foi realizado no módulo de processamento de dados vetoriais, sendo direcionada à área de estudo com a união das bases pedológicas das respectivas Folha 1 e Folha 3 do Mapeamento de Solo do Estado de Minas

Gerais. (UFV - CETEC - UFLA – FEAM, 2010). E juntamente com a espacialização dos dados climáticos das estações automáticas georreferenciadas. A base de dados foi preparada no Sistema de Informações Geográficas para elaboração dos modelos pedológicos texturais e modelos climatológicos de espacialização do déficit hídrico e espacialização da temperatura na área de estudo.

O desenvolvimento de modelos climáticos para conhecimento das aptidões agrícola de uma determinada região, devido à tecnologia e informações climáticas existentes, torna possível a previsão de viabilidade para implantação de uma cultura em um determinado ano de interesse. Tal procedimento consiste na espacialização dos dados climáticos e verificação das aptidões agrícolas da cultura de interesse em uma região, e verificação da possibilidade de germinação e desenvolvimento da cultura através dos dados de déficit hídrico e temperatura média da região.

O método utilizado para modelagem climática e determinação dos parâmetros utilizados no estudo foi proposto por Cecílio et al. (2012), e pode ser observado na Figura 3, onde a interpolação dos dados climáticos provenientes das estações climatológicas automáticas, balizam a álgebra cartográfica da base para a criação dos modelos climáticos necessários no desenvolvimento do zoneamento agroclimático na área de estudo.

Figura 3 - Fluxograma da Espacialização dos Elementos do Balanço Hídrico para Zoneamento Agrícola



Fonte: Adaptado CECÍLIO et al., 2012

O processamento dos dados, assim como a entrada e a saída dos modelos digitais foram realizados no Software do Sistema de Informações Geográficas, priorizando o armazenamento dos dados para utilização dos déficits hídricos e regionalização da temperatura média mensal no procedimento de geração do zoneamento agroclimático para a canola considerando as exigências climáticas para essa cultura propostas por Luz (2011).

#### **4.4 Interpolação dos Dados Climáticos**

A interpolação dos dados climáticos foi realizada dentro do software Arcgis, com amparo do módulo de ferramentas para análise espacial, e execução do processo de Krigagem em método Ordinário de Kriging e Semivariograma de modelo esférico, pois segundo Mello e Oliveira (2016), a Krigagem sendo um método invariado de interferência espacial, que utiliza a dependência do espaço expressa pelo semivariograma entre amostras vizinhas, e sendo o semivariograma uma função matemática com aplicação geoestatística para distribuição entre variáveis regionalizadas e localizadas em um plano, a utilização dessa configuração é fundamental para determinação de modelos climáticos e espacialização de dados climatológicos em abrangência territorial.

#### **4.5 Geração dos Modelos Climáticos Digitais**

##### **4.5.1 Balanço Hídrico**

O Processamento dos dados climatológicos oriundos das estações automáticas foi realizado manualmente, com disposição de suas informações em planilhas, porém, a representatividade e abrangência foi comprometida devido a variação das datas de disponibilidade dos dados, visto que a grande maioria das estações solicitadas ao Instituto Nacional de Meteorologia, eram recém instaladas, e desprovidas de séries de dados consolidados, tornando possível a compatibilização somente do ano de 2014 em disponibilidade de dados confiáveis dentro da área de estudo, sendo estas estações localizadas em cada uma das microrregiões da área de estudo, excusa apenas a microrregião de Patos de Minas, que infelizmente não conta com a existência de uma estação automática.

As estações utilizadas na elaboração dos modelos climáticos digitais e suas informações, podem ser observados na Tabela 6:

Tabela 6 - Estações Utilizadas na Elaboração dos Modelos Climáticos Digitais

Código da Estação	Nome da Estação	Y	X	Altitude
86776	Uberlandia-A507	-18,917072	-48,255657	875
86778	Patrocínio-A523	-18,996684	-46,985935	978
86793	Campina Verde-A519	-19,53921	-49,518133	559
86794	Conceição das Alagoas-A520	-19,98586	-48,151574	573
86795	Sacramento-A525	-19,875271	-47,434102	913
86796	Araxá-A505	-19,605696	-46,949617	1018
86775	Ituitaba-A512	-18,952907	-49,525072	540

Fonte: INMET, (2017)

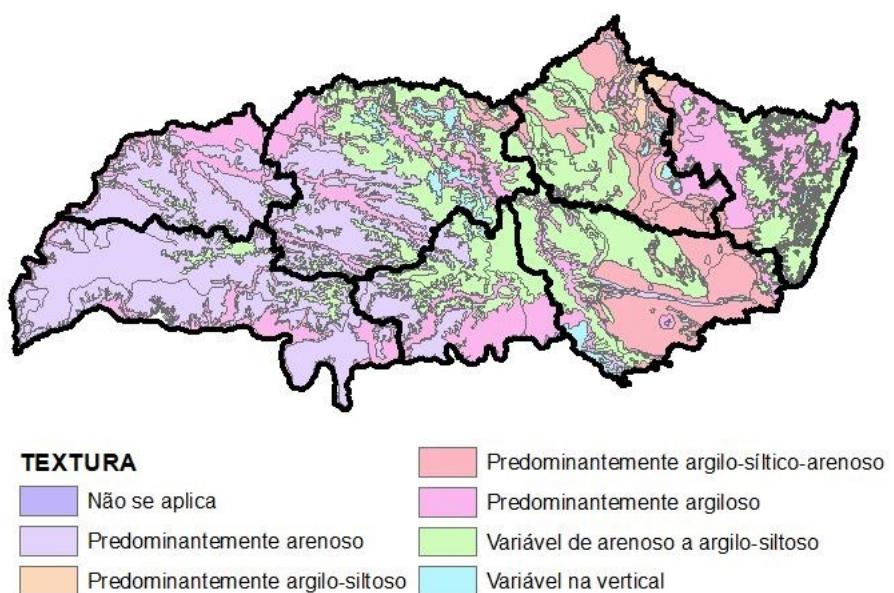
Os modelos digitais foram calculados através da tabulação das médias mensais de precipitação e subtração das mesmas aos valores médios registrados de evapotranspiração mensais. Sendo indexados à locação espacial de cada uma de suas respectivas estações dentro do sistema georreferenciado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização Textural

Após o refino dos dados pedológicos, em concomitância com a base de dados de solo disponibilizada pela UFV (2010), o resultado obtido quanto à sua quantificação em classes texturais, e suas respectivas áreas de abrangência, seguem dispostas na Figura 4 e Tabela 7

Figura 4 - Textura de Solos do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba



Fonte: CETEC – FEAM – UFLA – UFV (2010); UFV (2010); IBGE (2015)

O sistema de cálculo de área das feições vetoriais das bases de dados foi realizado no Sistema de Coordenadas Geográficas Sirgas 2000 com projeção Universal Transversa de Mercator e datum 23 sul, para possibilidade de cálculo das áreas em Km<sup>2</sup>.

O método de segregação das classes texturais de solo resultou em 8 classes, sendo 6 classes texturais divididas entre “Predominantemente Arenoso” e “Predominantemente Argiloso”. A classes denominada como “Não se Aplica”, representa as áreas de cascalho e areia não direcionadas à atividade agrícola., juntamente à classe denominada “Variável na Vertical”, que representa áreas com areia e laterita como litologias predominantes. (CPRM, 2010)

Tabela 7 - Classificação Textural de Solo Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

Classificação Textural	Área de Abrangência Km <sup>2</sup>
Predominantemente arenoso	26004,58003
Predominantemente argilo-síltico-arenoso	11693,53181
Predominantemente argilo-siltoso	795,8467061
Predominantemente argiloso	20596,57444
Variável de arenoso a argilo-siltoso	26980,17067
Variável na vertical	2395,947694
Não se Aplica	84,86849094
<b>Corpos Hídricos e Áreas Não Classificadas</b>	<b>2216,660332</b>

Fonte: CETEC – FEAM – UFLA – UFV (2010); UFV (2010)

## 5.2 Balanços Hídricos e Modelos Climáticos Digitais

As informações necessárias para determinação dos balanços hídricos são dispostas em uma álgebra, que estima a quantidade de água restante no solo, e a água disponível para utilização agrícola e ambiental. Visto isso, a determinação do Balanço hídrico simplificado, aborda a acumulação da média precipitada em relação a média acumulada da evapotranspiração, mensal, referente ao ano base de 2014.

A exposição dos resultados obtidos do balanço hídrico de interesse, correspondem aos Déficits mensais, Temperaturas Medias mensais, Precipitação e Evapotranspiração Acumuladas anualmente e podem ser observados nas Tabela 8, 9 e 10, respectivamente, a seguir, que contam com a abordagem de Déficit hídrico em valores negativos e Excedentes hídricos em Valores de Déficits Positivos. Esse procedimento foi adotado para redução de

processamentos redundantes da base de dados, e distribuição das informações climáticas de forma mais clara, relevante e didática

Tabela 8 - Déficits Hídricos Mensais – Ano Base 2014

Informações das Estações		Déficits Hídricos em mm /Ano - Base 2014				
Nome da Estação	Déf Jan	Déf Fev	Déf Mar	Déf Abr	Déf Mai	Déf Jun
Uberlandia-A507	-10,01	-9,36	22,08	28,2	-82,08	-92,66
Patrocínio-A523	-61,69	-26,36	31,59	10,27	-63,39	-74,22
Campina Verde-A519	-34,15	56,14	3,24	-49,54	-76,66	-86,33
Conceição das Alagoas-A520	50,52	39,55	58,88	-53,47	-76,79	-86,79
Sacramento-A525	22,16	-15,33	53,02	59,56	-84,97	-84,46
Araxá-A505	-69,40	-74,57	149,25	108,29	-80,42	-87,64
Ituitaba-A512	-6,72	23,40	131,93	-24,13	-83,91	-77,48
Nome da Estação	Déf Jul	Déf Ago	Déf Set	Déf Out	Déf Nov	Déf Dez
Uberlandia-A507	-18,32	-125,24	-114,58	-95,68	255,41	57,55
Patrocínio-A523	6,76	-106,28	-111,07	-34,54	259,23	62,72
Campina Verde-A519	-31,61	-129,22	-64,08	-103,92	166,38	79,07
Conceição das Alagoas-A520	-22,88	-134,12	-64,66	-116,56	168,81	127,26
Sacramento-A525	-19,48	-129,72	-123,87	-114,33	218,30	38,19
Araxá-A505	-6,44	-128,63	-134,14	-34,36	289,83	-71,78
Ituitaba-A512	-14,45	-118,76	-92,83	-125,64	113,76	36,81

Fonte: INMET, (2017); Organizado por: Autor: 2018.

Tabela 9 - Temperaturas Médias Mensais – Ano Base 2014

Informações das Estações		Temperaturas Médias Mensais em °C /Ano - Base 2014				
Nome da Estação	Temp Jan	Temp Fev	Temp Mar	Temp Abr	Temp Mai	Temp Jun
Uberlandia-A507	25	24,9	23,9	23,3	21,5	21,3
Patrocínio-A523	22,10	22,40	21,70	20,90	18,40	17,90
Campina Verde-A519	25,20	25,50	26,90	20,70	21,20	21,20
Conceição das Alagoas-A520	25,00	25,10	24,10	23,40	20,50	20,50
Sacramento-A525	23,70	24,00	22,80	21,90	19,70	19,50
Araxá-A505	23,60	24,00	22,40	21,40	19,70	19,50
Ituitaba-A512	25,10	25,10	24,50	23,90	20,90	21,10
Nome da Estação	Temp Jul	Temp Ago	Temp Set	Temp Out	Temp Nov	Temp Dez
Uberlandia-A507	20,4	23,1	24,9	25,9	23,8	23,4
Patrocínio-A523	17,10	19,20	22,10	22,80	22,00	21,70
Campina Verde-A519	20,40	23,00	25,00	26,30	24,70	24,60
Conceição das Alagoas-A520	19,80	22,30	24,70	26,40	24,80	24,50
Sacramento-A525	18,60	21,40	23,60	24,50	23,00	21,20
Araxá-A505	17,40	21,10	23,10	23,50	22,30	22,20
Ituitaba-A512	20,60	22,60	25,40	27,00	25,20	24,50

Fonte: INMET, (2017); Organizado por: Autor: 2018.

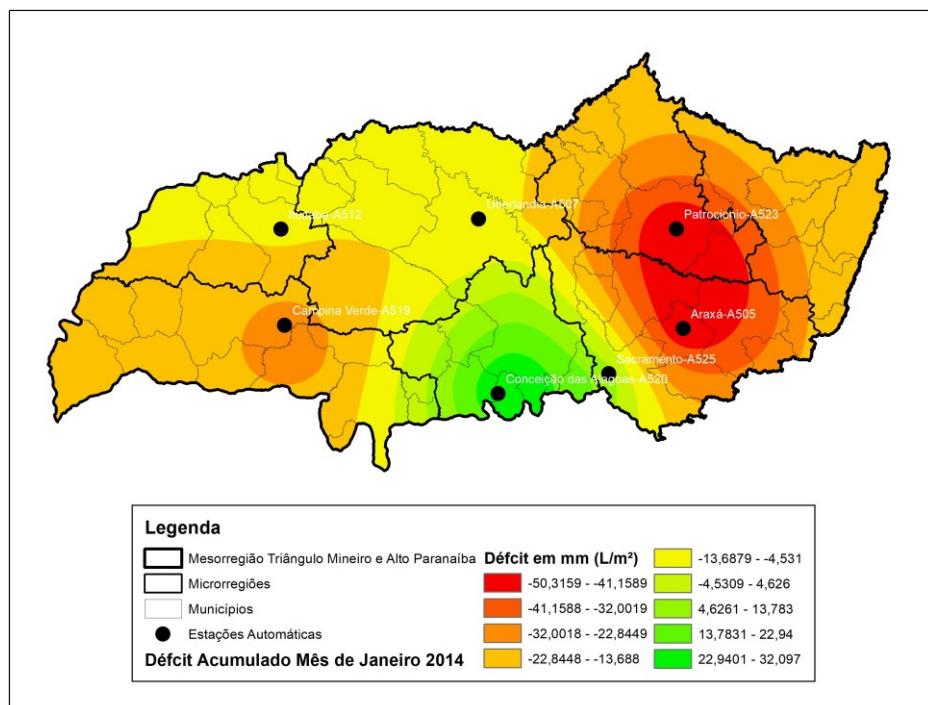
Tabela 10 - Precipitação e Evapotranspiração Cumulada em mm/Ano – 2014

Informações das estações		Déficits Hídricos em mm /Ano Base 2014	
Nome da Estação	Precipitação Acumulada / Ano	Déficit Acumulado / Ano	
Uberlandia-A507	1133,60	1318,29	
Patrocínio-A523	1054,00	1160,98	
Campina Verde-A519	1002,00	1272,68	
Conceição das Alagoas-A520	1231,20	1341,45	
Sacramento-A525	1071,40	1252,33	
Araxá-A505	1370,00	1366,45	
Ituitaba-A512	1030,20	1268,22	

Fonte: INMET, (2017); Organizado por: Autor: 2018.

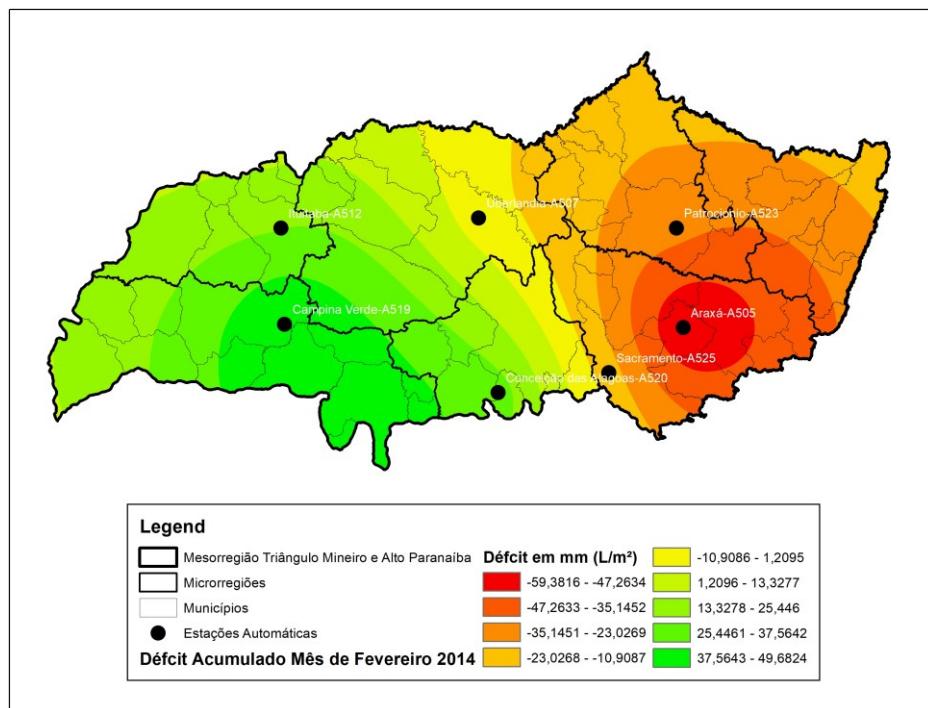
Após a inserção das informações climáticas em ambiente georreferenciado, a execução da interpolação dos mesmos, resultou nos modelos digitais de dados especializados, pelo método de Krigagem. Os dados de entrada para o processamento foram respectivamente os déficits mensais, indexados às coordenadas especializadas de cada estação, que quando processados, resultam na saída de informações visuais correspondentes a cada mês dos respectivos valores, estes expostos nas Figuras a Seguir:

Figura 5 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Janeiro – Ano Base 2014



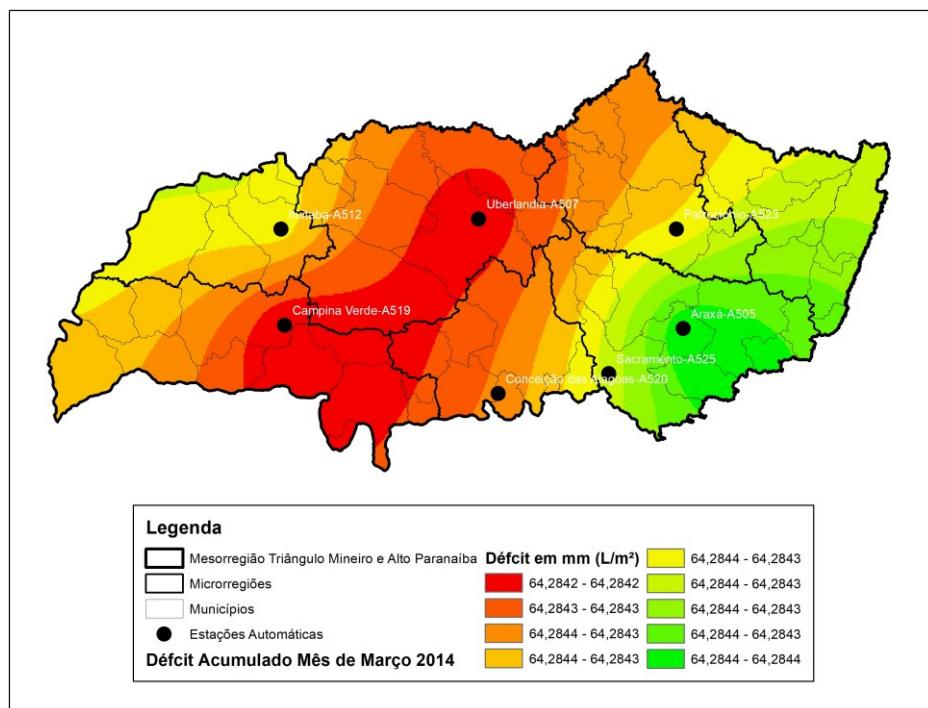
Fonte: Autor (2018)

Figura 6 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Fevereiro – Ano Base 2014



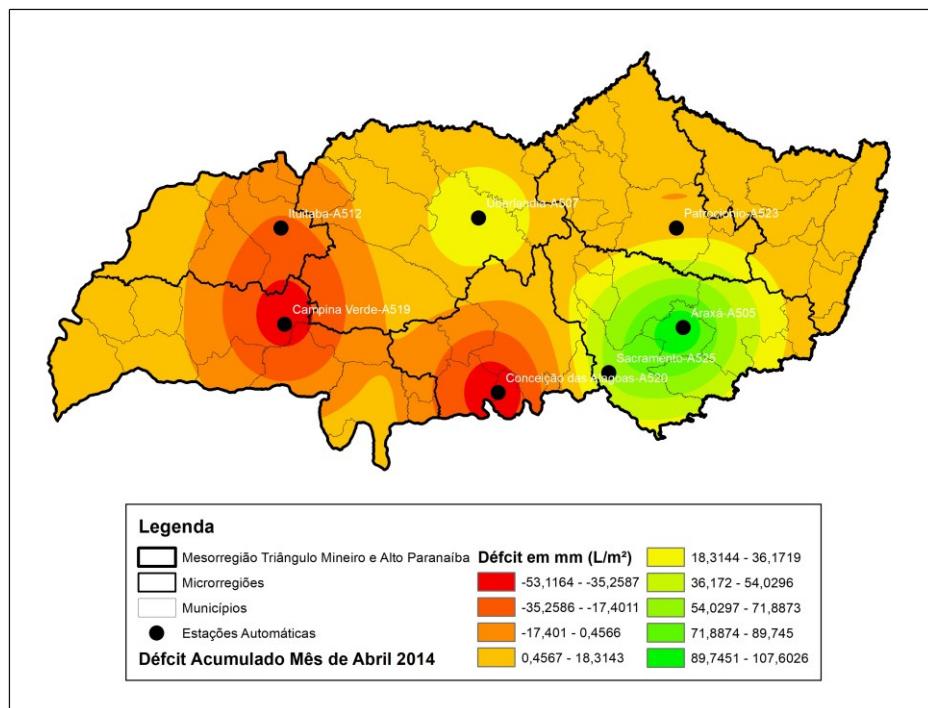
Fonte: Autor (2018)

Figura 7 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Março – Ano Base 2014



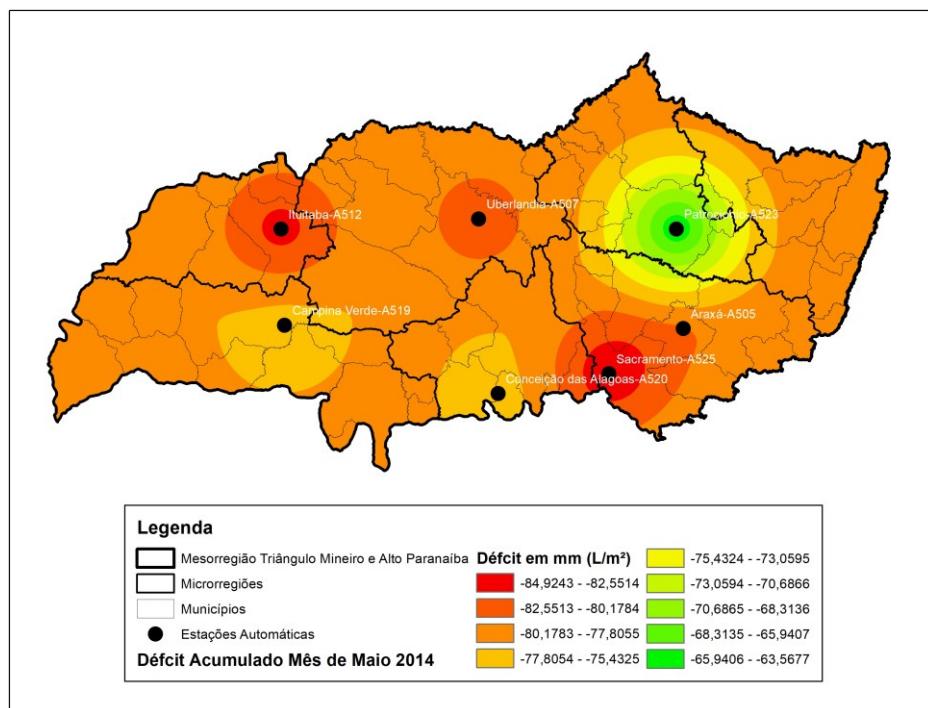
Fonte: Autor (2018)

Figura 8 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Abril – Ano Base 2014



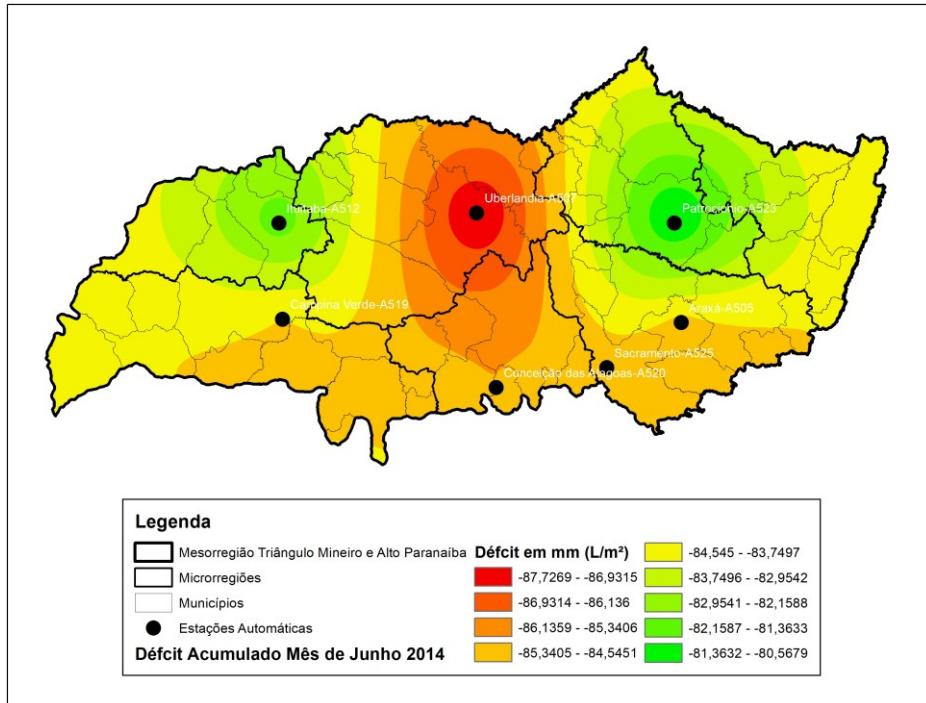
Fonte: Autor (2018)

Figura 9 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Maio – Ano Base 2014



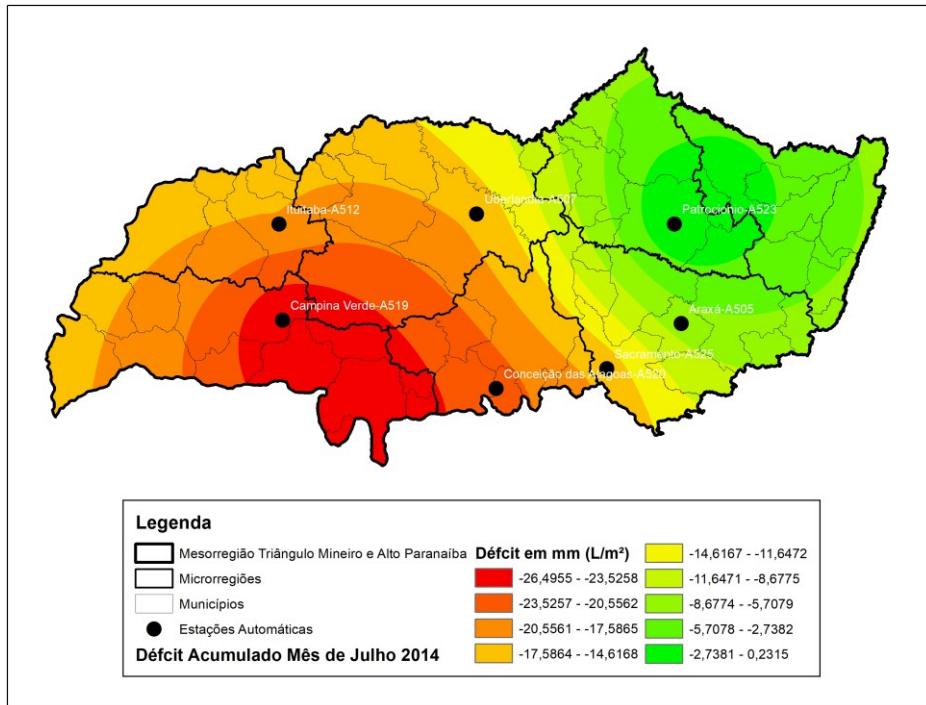
Fonte: Autor (2018)

Figura 10 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Junho – Ano Base 2014.



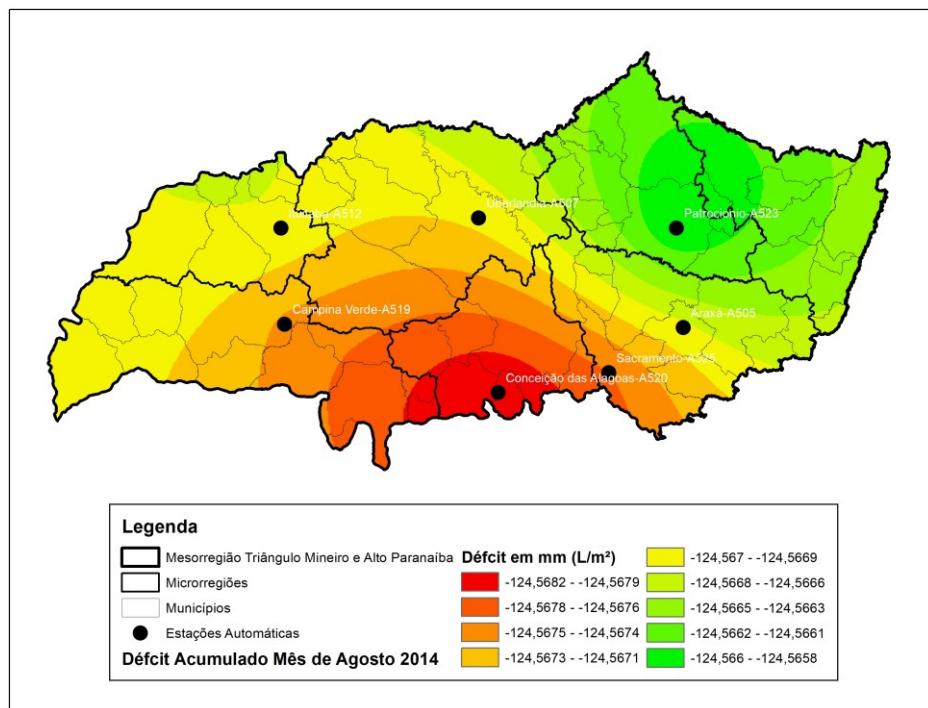
Fonte: Autor (2018)

Figura 11 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Julho – Ano Base 2014



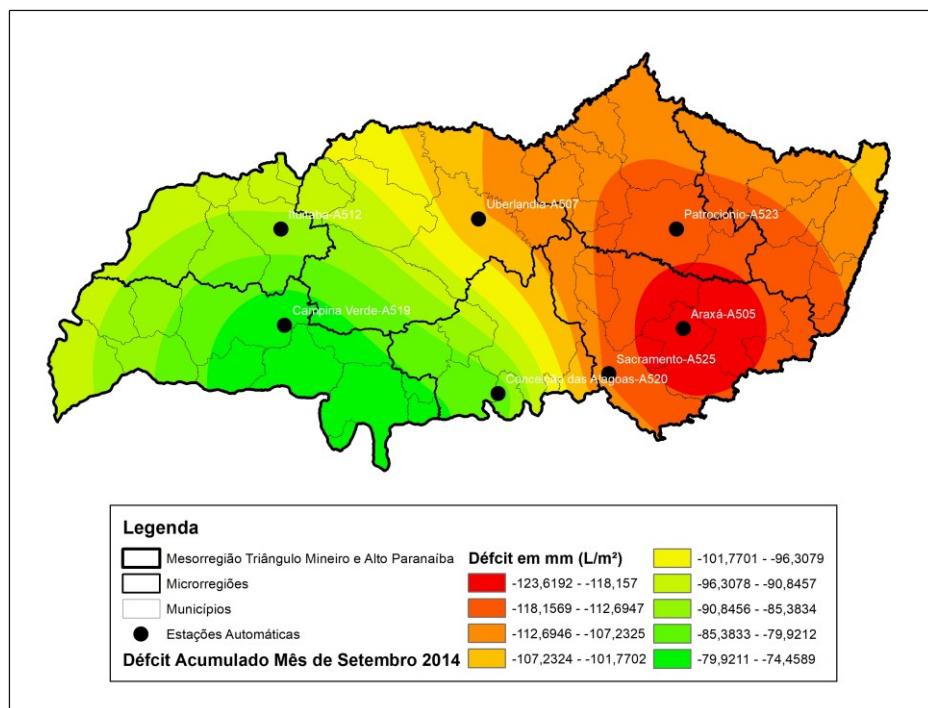
Fonte: Autor (2018)

Figura 12 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Agosto – Ano Base 2014



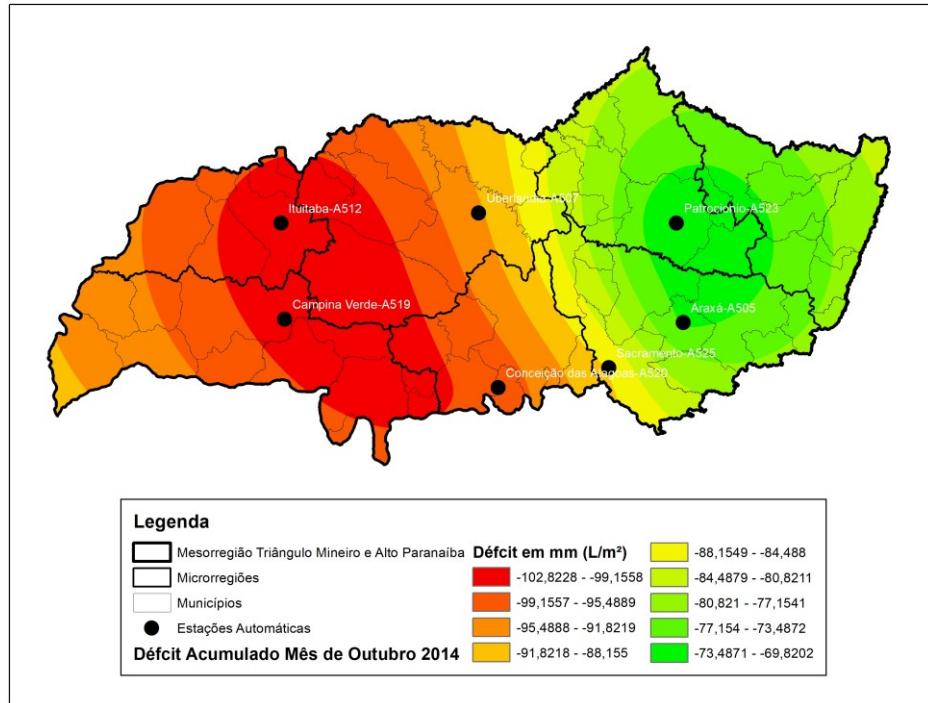
Fonte: Autor (2018)

Figura 13 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Setembro – Ano Base 2014



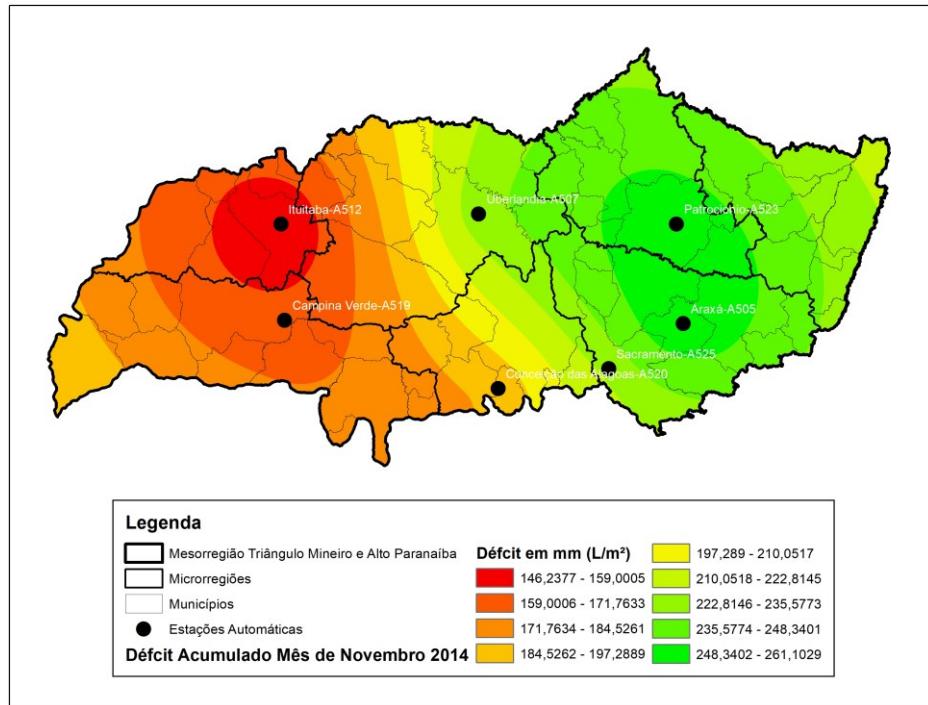
Fonte: Autor (2018)

Figura 14 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Outubro – Ano Base 2014



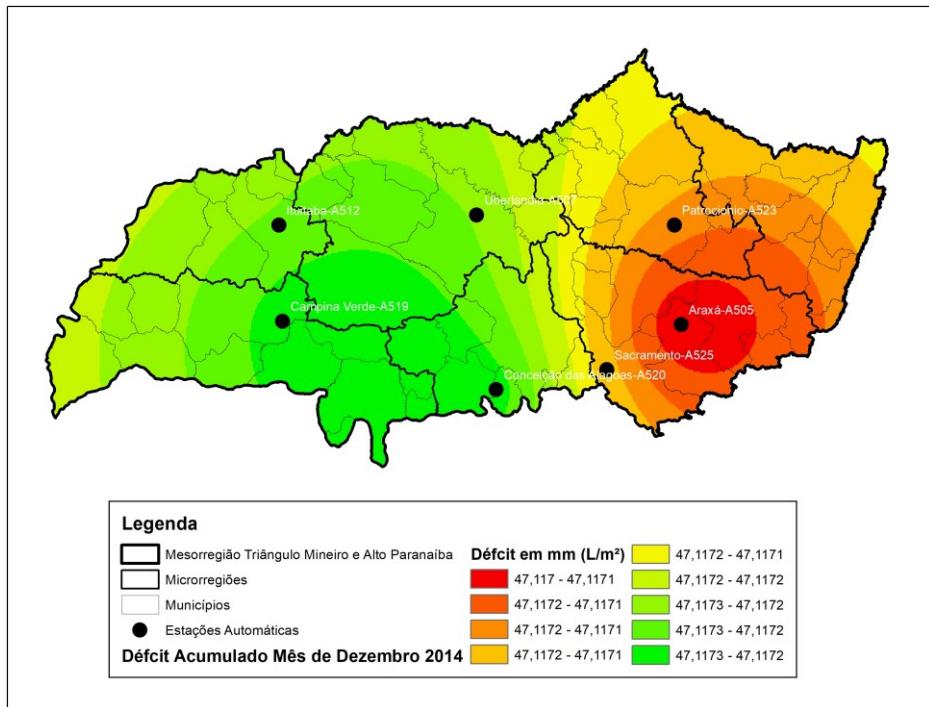
Fonte: Autor (2018)

Figura 15 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Novembro – Ano Base 2014



Fonte: Autor (2018)

Figura 16 - Espacialização do Déficit Acumulado no mês de Dezembro – Ano Base 2014



Fonte: Autor (2018)

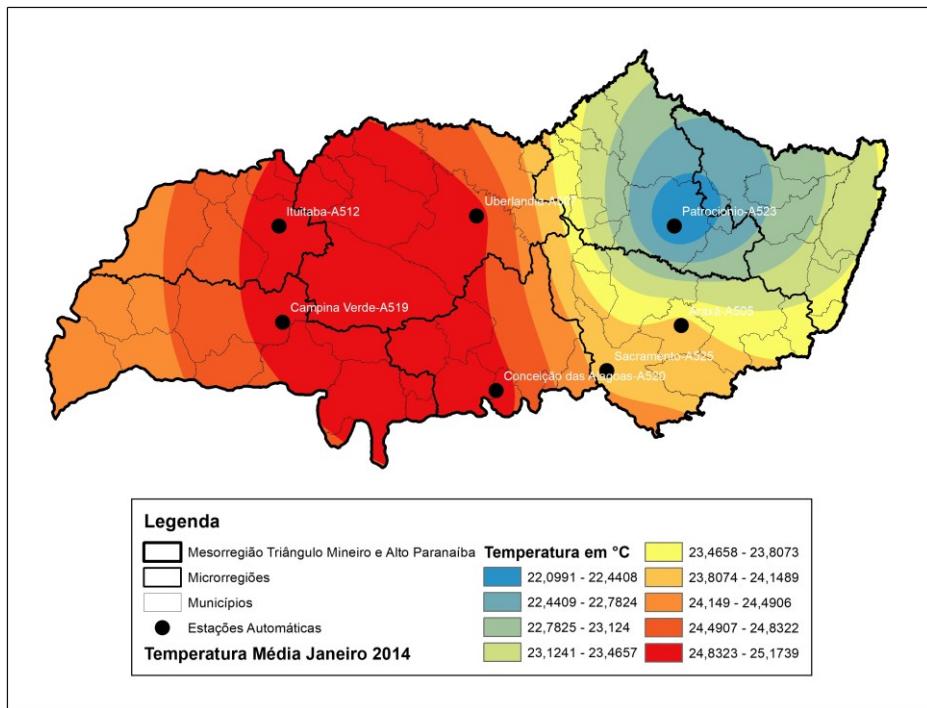
Em observância aos resultados de déficit obtidos, os meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Novembro e Dezembro, foram os únicos a registrarem excedente hídrico, e os intervalos dos valores expostos indicam nos meses de Março, Agosto e Dezembro, um intervalo muito pequeno para a espacialização, indicando indiretamente uma estagnação da situação de déficit na área de estudo.

Comparando as regionalizações dos déficits hídricos acumulados mensalmente, com a espacialização da temperatura do ano de base, pôde-se observar a interação de forma direta com a capacidade evapotranspirativa das diversas texturas de solo que compõe toda a área de estudo, pois os níveis texturais respondem de forma bastante diferente quanto à evapotranspiração da água que entra em contato com solo, ficando armazenada com volumes específicos de acordo com a capacidade de retenção de determinada classe textural, ou evaporando também com mesma relação a tal classe textural.

A espacialização das temperaturas médias mensais, obtidas também pela interpolação dos dados climáticos podem ser observadas nas figuras a seguir, atentando-se para o padrão

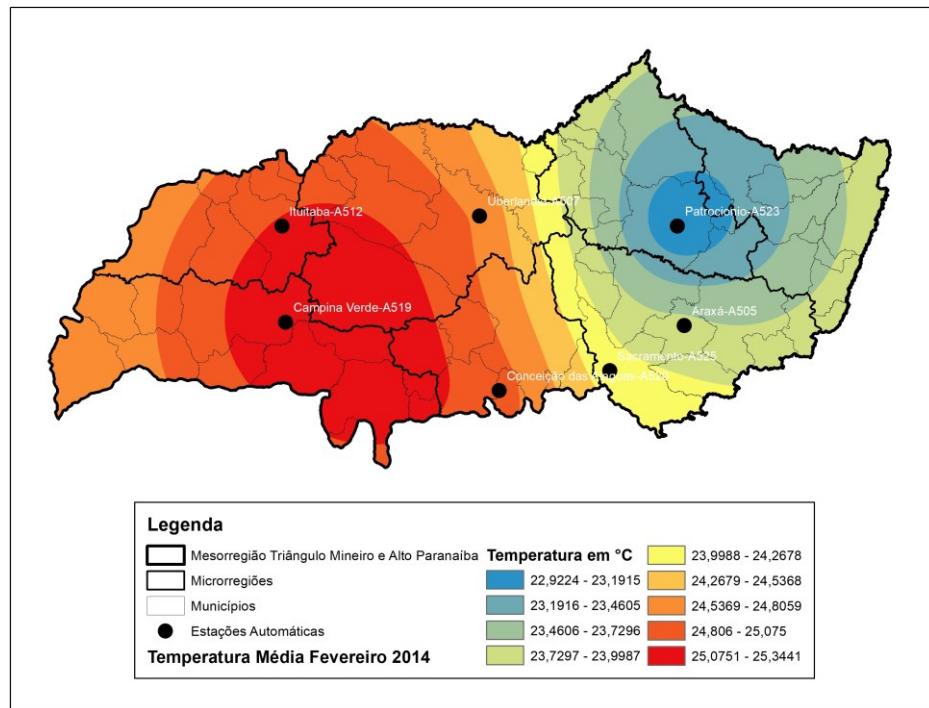
de dissipação da temperatura, confirmando a viabilidade do método de interpolação e equacionamento matemático esférico para o semivariograma da krigagem utilizada.

Figura 17 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Janeiro – Ano Base 2014



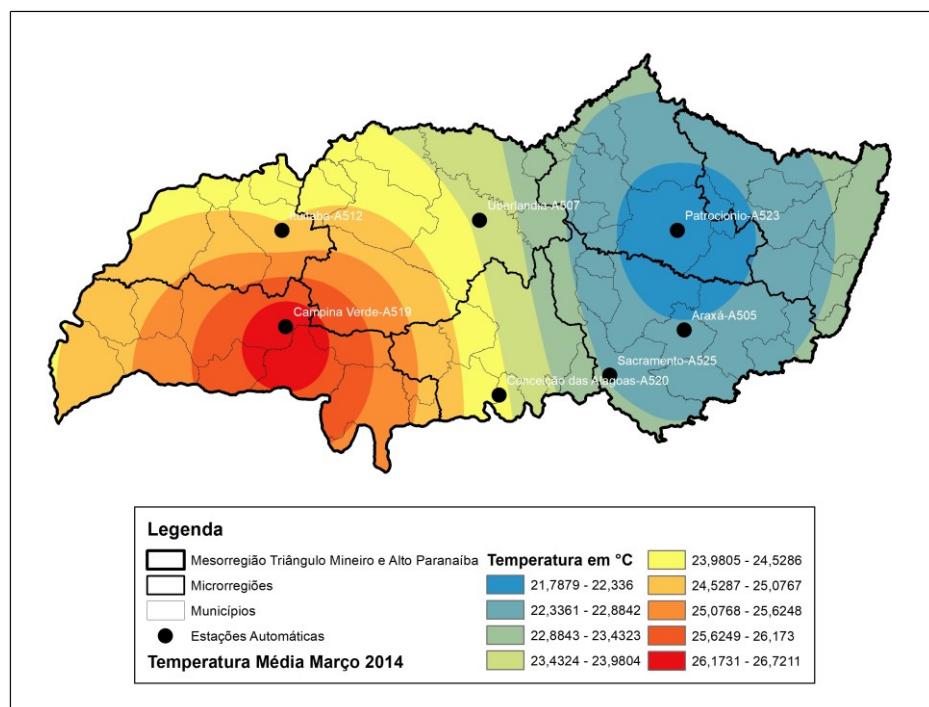
Fonte: Autor (2018)

Figura 18 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Fevereiro – Ano Base 2014



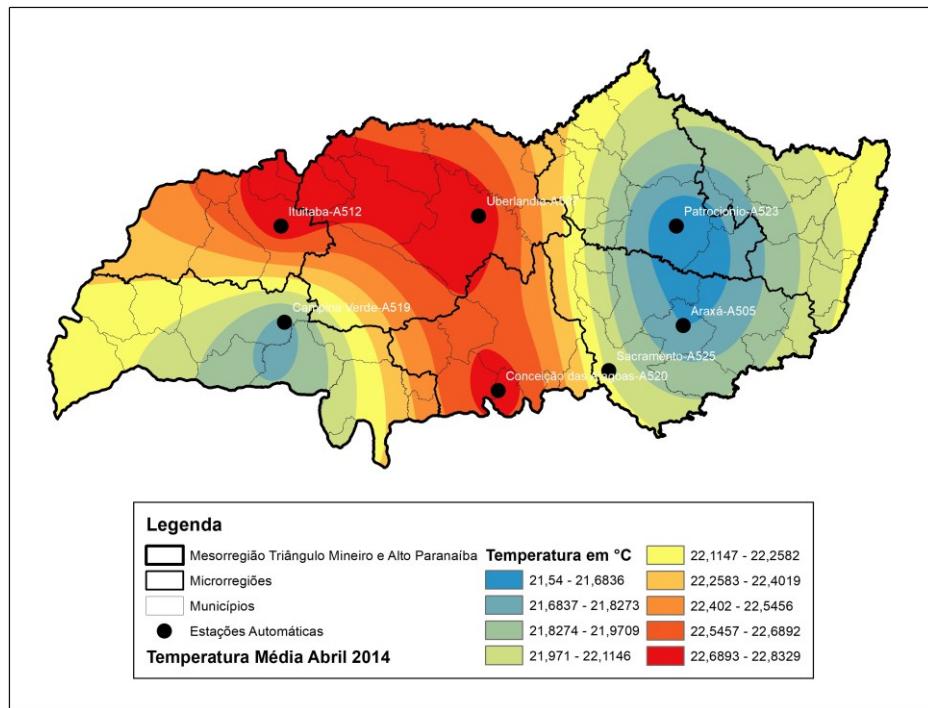
Fonte: Autor (2018)

Figura 19 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Março – Ano Base 2014



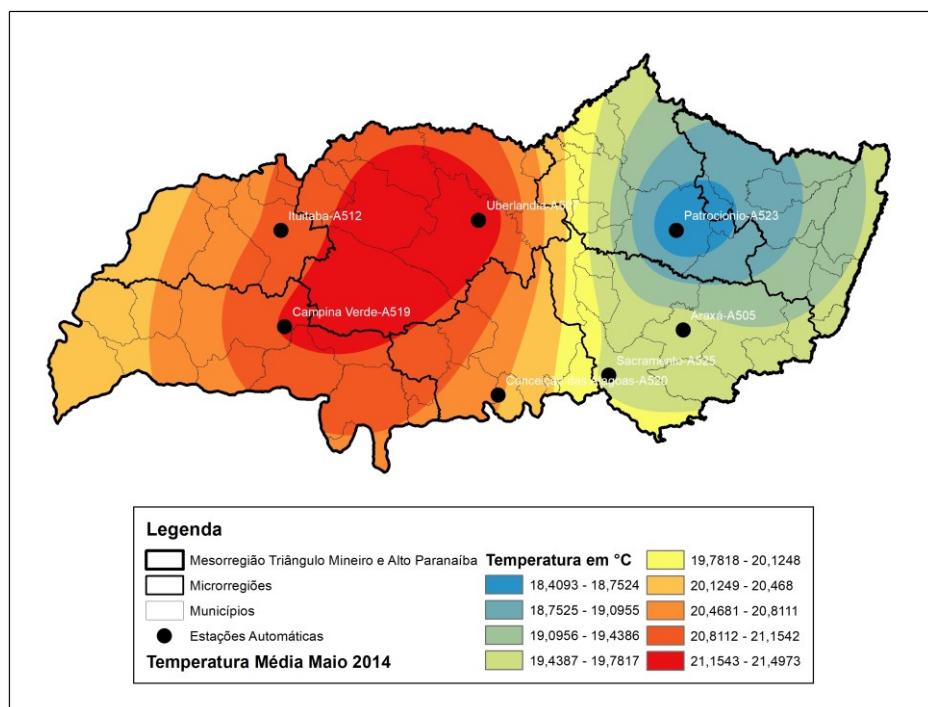
Fonte: Autor (2018)

Figura 20 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Abril – Ano Base 2014



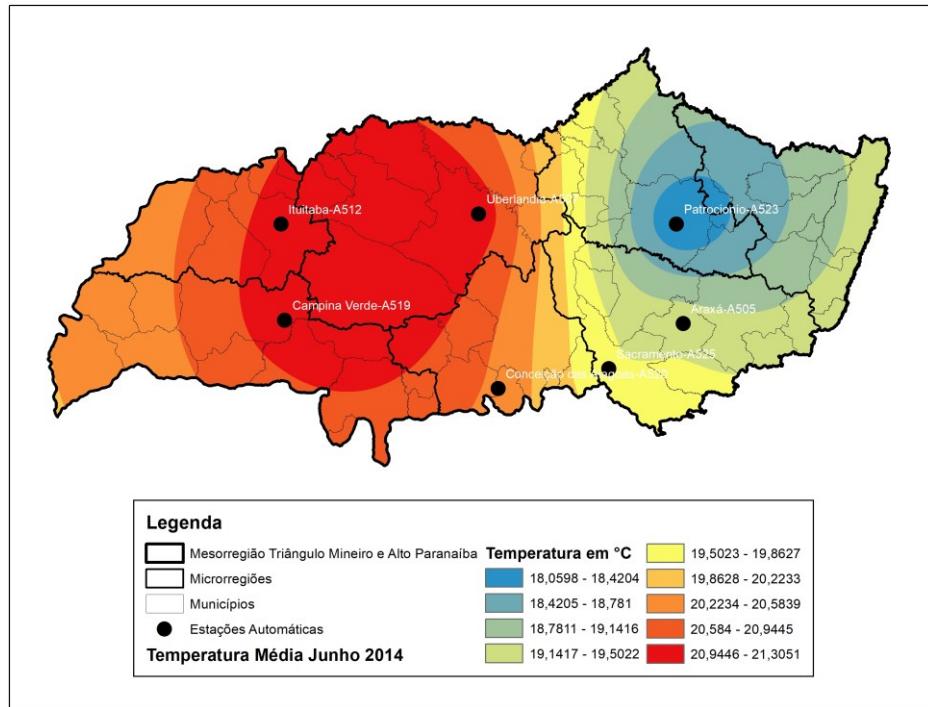
Fonte: Autor (2018)

Figura 21 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Maio – Ano Base 2014



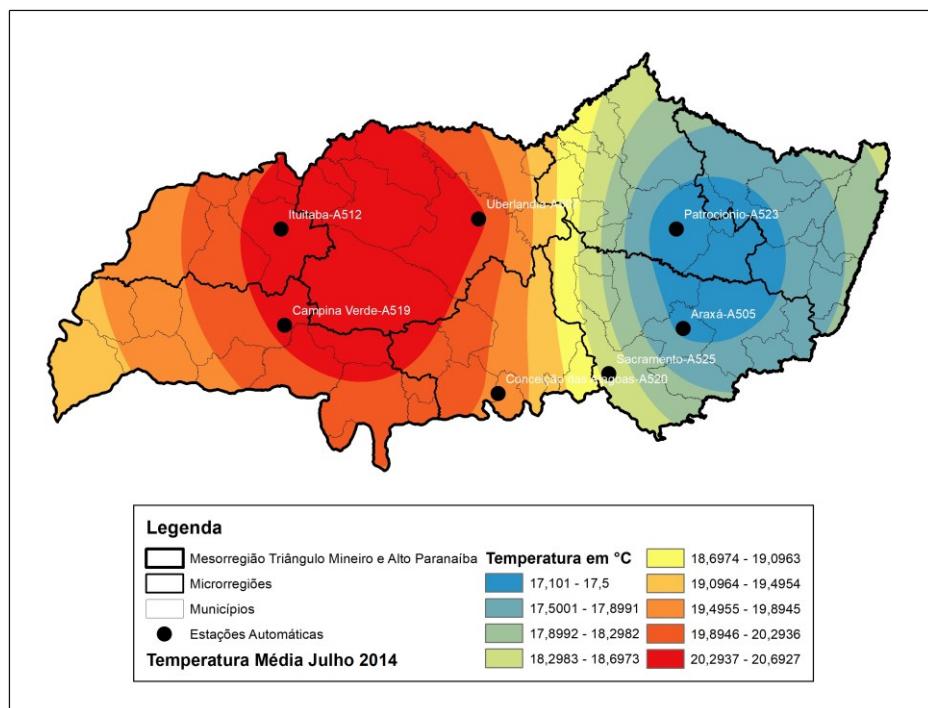
Fonte: Autor (2018)

Figura 22 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Junho – Ano Base 2014



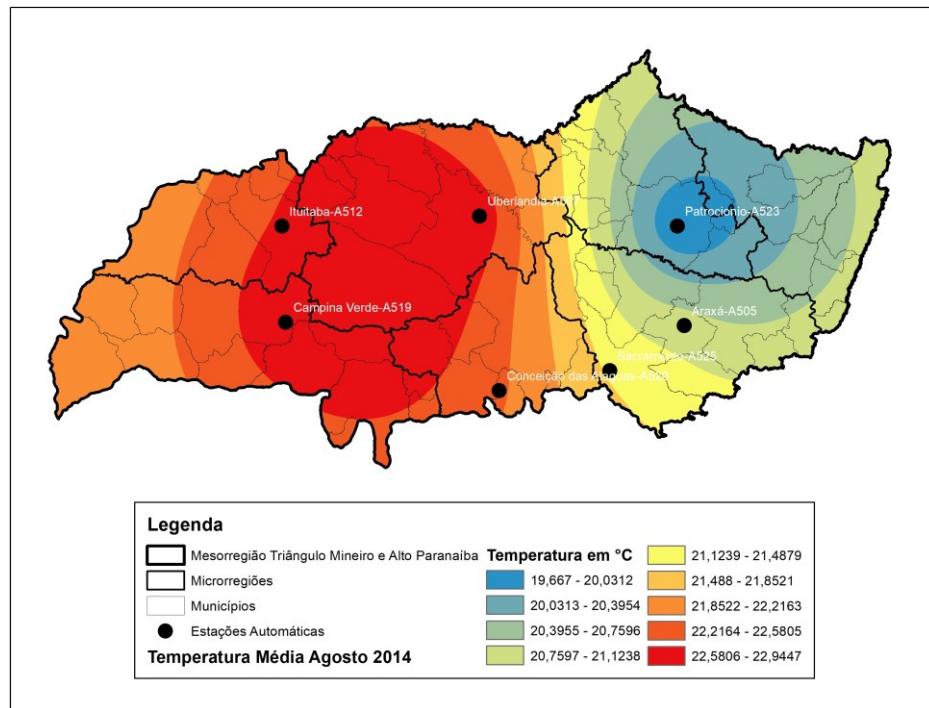
Fonte: Autor (2018)

Figura 23 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Julho – Ano Base 2014



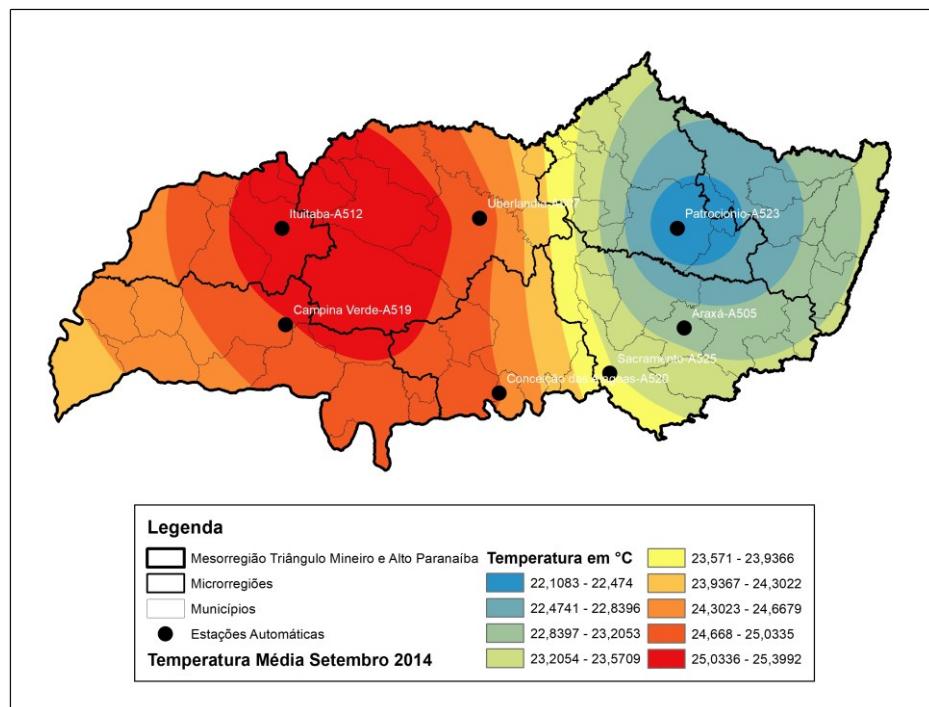
Fonte: Autor (2018)

Figura 24 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Agosto – Ano Base 2014



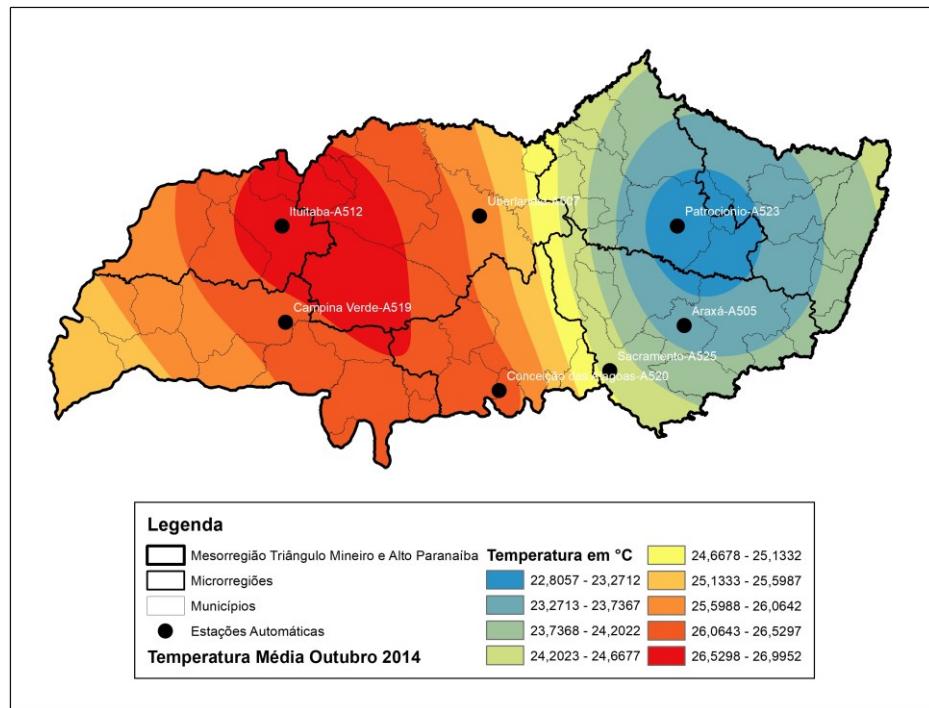
Fonte: Autor (2018)

Figura 25 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Setembro – Ano Base 2014



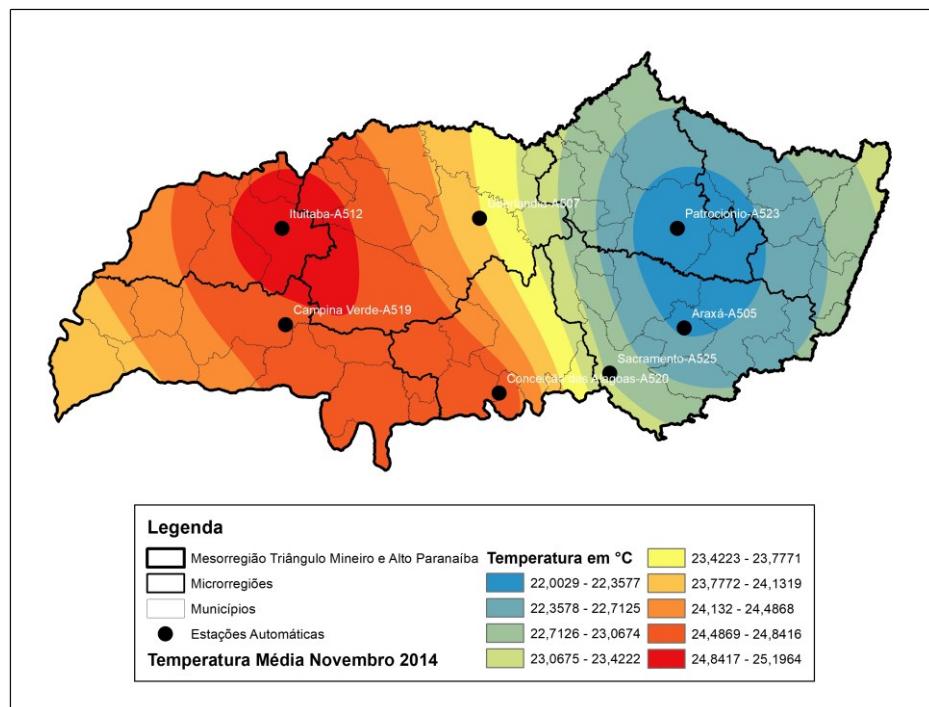
Fonte: Autor (2018)

Figura 26 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Outubro – Ano Base 2014.



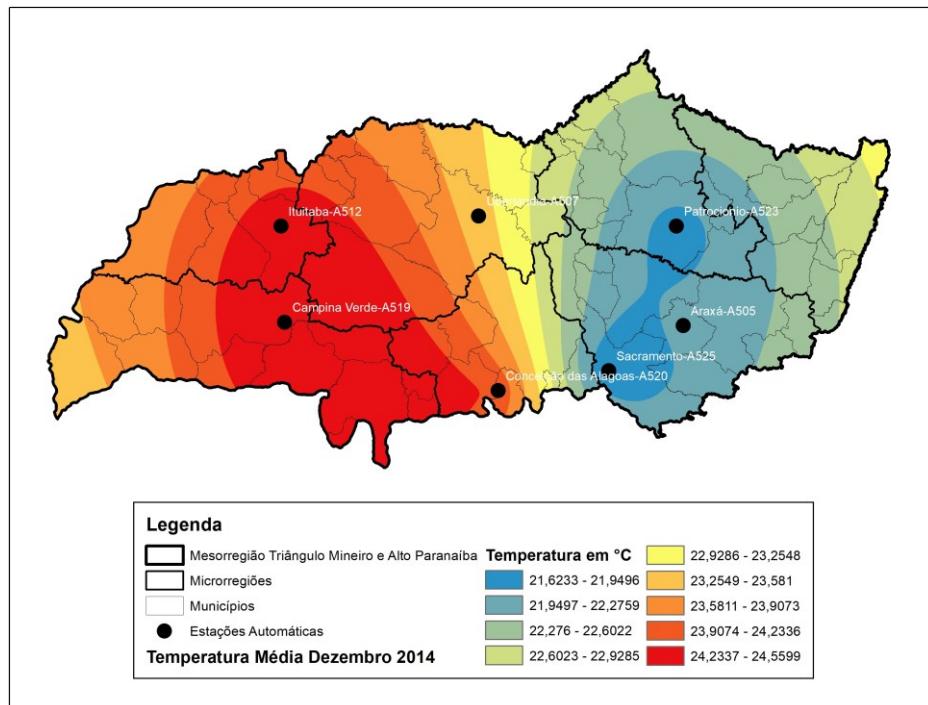
Fonte: Autor (2018)

Figura 27 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Novembro – Ano Base 2014



Fonte: Autor (2018)

Figura 28 - Espacialização da Temperatura Média no mês de Dezembro – Ano Base 2014

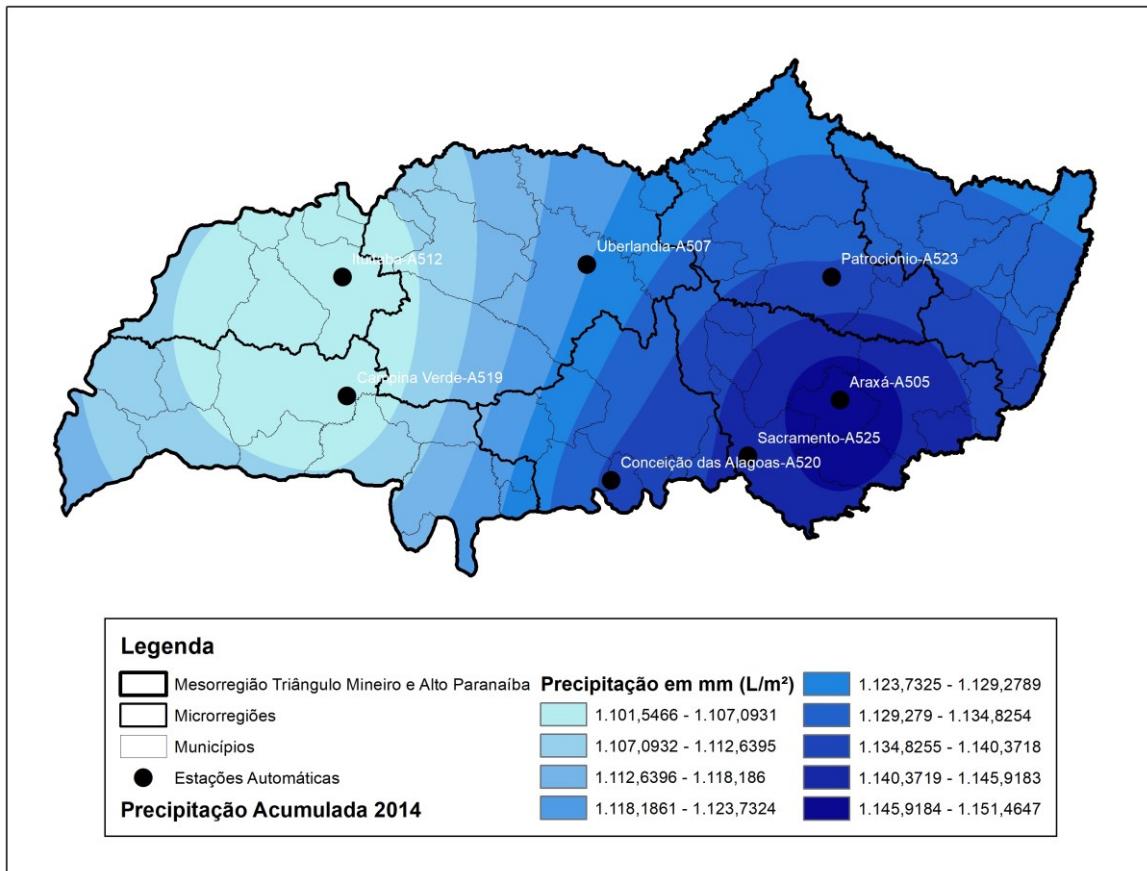


Fonte: Autor (2018)

A obtenção das espacializações de temperatura indica a confirmação dos déficits também espacializados, em concordância com as classes obtidas, além dos destaques em que as temperaturas seguem um padrão físico de deslocamento mensal, com linhas de fluxo principalmente nos meses secos.

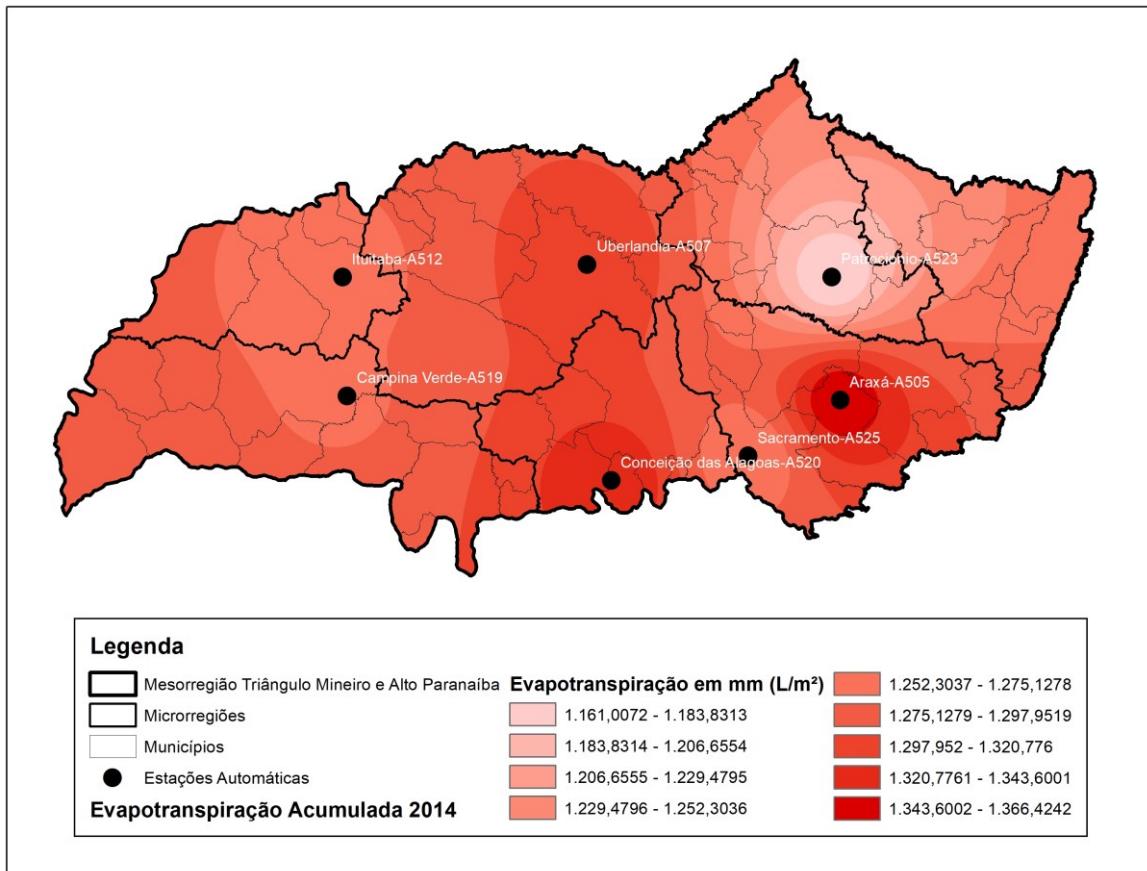
A precipitação acumulada no ano base, também foi interpola, juntamente com a evapotranspiração também acumulada no mesmo intervalo de tempo, e estas podem ser observadas respectivamente nas figuras 28 e 29 a seguir:

Figura 29 - Espacialização da Precipitação Acumulada no Ano Base - 2014



Fonte: Autor (2018)

Figura 30 - Espacialização da Evapotranspiração Acumulada no Ano Base - 2014

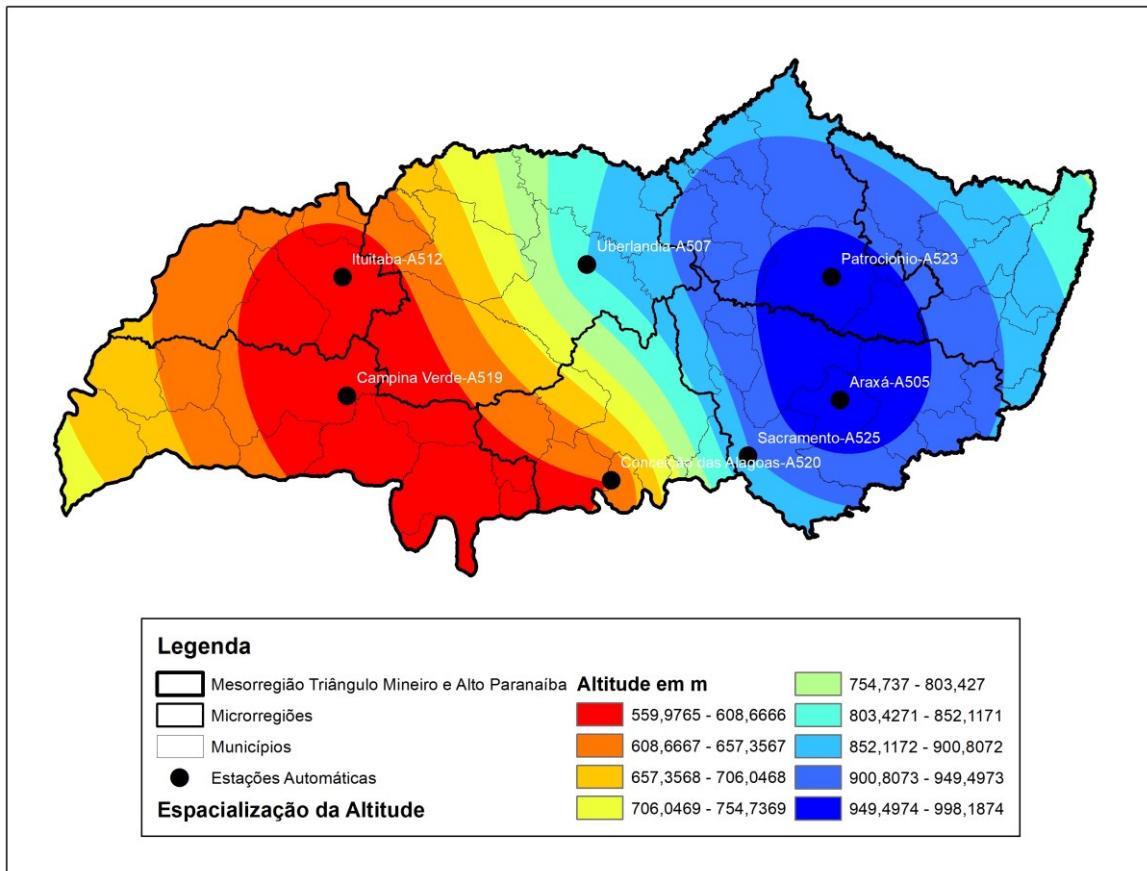


Fonte: Autor (2018)

Analizando a dinâmica climática das regiões em que as estações encontram-se locadas, percebe-se a interação entre a relevância e abrangências das capacidades da região da estação Araxá – A505, que apesar de representar a classe com maior incidência de precipitação acumulada, indica também um maior efeito evapotranspirativo, e respectivamente, a área em que encontram-se locadas as estações Ituiutaba A512 e Campina Verde A519, que apesar de estarem em uma classe com precipitação acumulada relativamente baixa, indicam uma taxa evapotranspirativa com abordagem mediana, em concomitância à legenda de disposição de valores climáticos.

Os efeitos observados com a disposição dos dados climáticos, podem ser justificados com a espacialização do fator altitude, que influi diretamente e juntamente na temperatura, na capacidade de conceder ou não condições para a perda de água no solo nas situações dispostas anteriormente. A espacialização da altitude pode ser observada na Figura 31 a seguir, sendo os dados dispostos, relacionados às cotas de locação das estações pertencentes ao estudo.

Figura 31 – Espacialização da Altitude de Estações Automáticas Ano Base - 2014



Fonte: Autor (2018)

As considerações de regiões mais baixas das estações especializadas, devem ser feitas em relação a sua capacidade e contato com finitude de processos de escoamento de fluxos hídricos superficiais e precipitativos, além da relação entre esta classe e as definições texturais de solo, que são diretamente ligadas à capacidade evapotranspirativa.

Foi observado também em cruzamento da espacialização da altitude na área de estudo com os modelos de exposição da temperatura, que o padrão de permanência de baixas temperaturas nas estações locadas à direita da área de estudo, dá-se pelo fato destas estarem locadas em cotas bastante superiores às demais estações.

O comportamento dos dados interpolados de forma unitária, apresentam uma linha de interações entre si, que quando relacionadas em álgebra cartográfica, resultam no zoneamento agrícola, e considerando os padrões de necessidades vegetais para a Canola, enquadram essas necessidades relacionadas aos fatores climáticos e ambientais como capacidade de retenção de água das classes texturais provenientes da base pedológica já tratada no estudo.

O processo de álgebra cartográfica foi elaborado utilizando a soma dos fatores unitários de temperaturas especializadas, jutamente às espacializações dos déficits mensais acumulados, e as classes obtivas desses processos, foram segregadas de acordo com os níveis de necessidade vegetal e exigências climáticas para o cultivo da canola. Sendo utilizadas as disposições de necessidades fisiológicas da canola, abordadas por Luz (2011), dispostas na tabela a seguir:

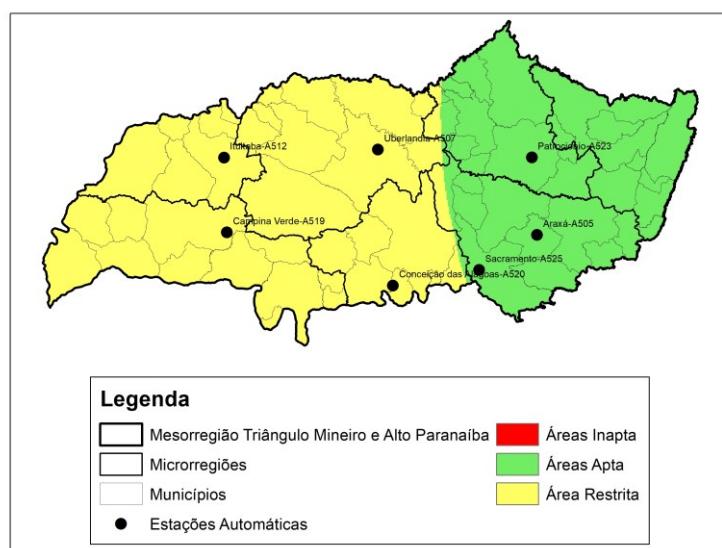
Tabela 11 - Exigência Climática para Canola (*Brassica napus L. var oleifera*)

Literatura	Faixa de temperatura (°C) para a Canola		
	Experimental	Valor numérico de aptidão	Cor da Classe de Aptidão
13 a 27 (Apta)	17 a 22 (Apta)	Apta = 1	Verde
> 22 e < 27 (Restrito)	> 22 e < 26 (Restrito)	Restrita = 2	Amarela
<13 e > 27 (Inapta)	-	Inapta = 3	Vermelha

Fonte: LUZ (2011)

A utilização de valores experimentais, balizados à literadura, deu-se devido à menor e a maior temperatura média mensal registrada no ano base para execução do estudo ter sido 17 e 26 °C respectivamente, enquadrando a distribuição de temperatura para interpolação a esses valores, e atentando-se de que com essas faixas de temperatura, não existiria a possibilidade do surgimento de áreas inaptas por temperaturas nem muito baixas e nem muito altas, sendo confirmado na espacialização das áreas de aptidão térmica expostas na Figura 32.

Figura 32 - Espacialização da Restrição Térmica para Canola (*Brassica napus L. var oleifera*)

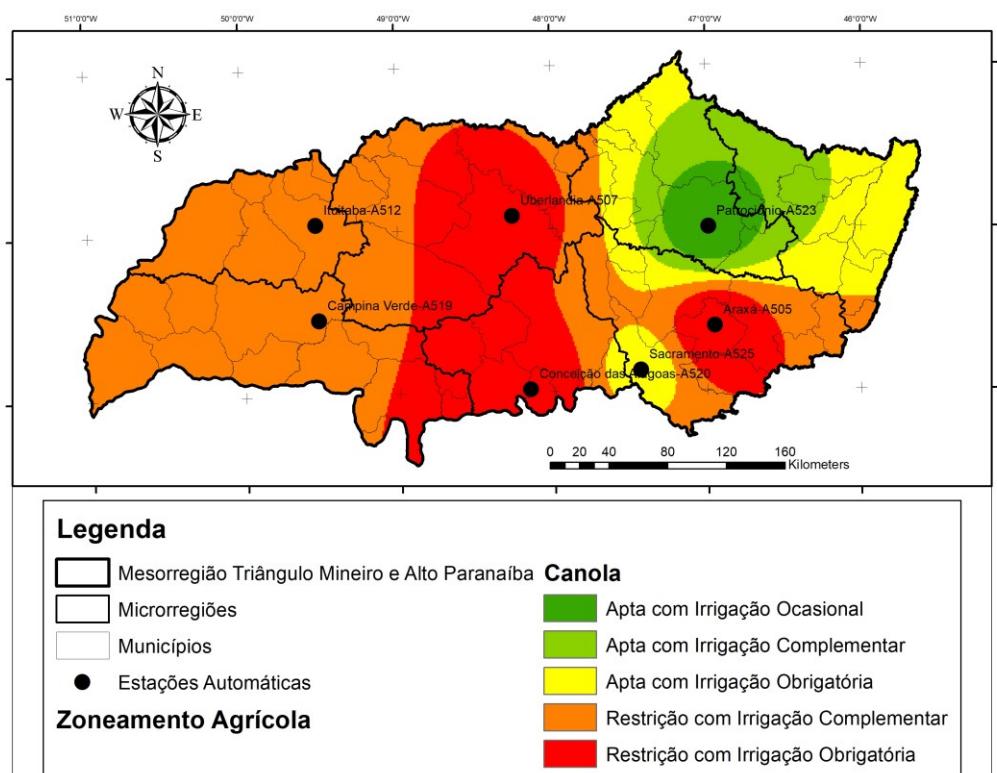


Fonte: Autor (2018)

A álgebra de mapas realizada em ambiente gerreferenciado, exigia a reclassificação de parâmetros como as faixas de temperatura, que quando realizada, resultou em classes específicas, indicando aptidão ou não, quanto à temperatura. Esse procedimento também foi realizado para reclassificação do mapa textural e condicionamento do mapa de Deficiência hídrica média anual, consideranto os fatores de atribuição e retenção de água para cada parcela de solo sendo de 30, 50 e 70 mm, para solos arenosos, com textura média e argilosos, e interpolando os valores de textura mista como as obtidas pela base de dados apresentadas anteriormente. Os valores de precipitação indicados, seguem referência da Portaria 326/2012 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para o zoneamento agrícola da Canola (*Brassica napus L. var oleifera*) realizado no Estado de Goiás. (BRASIL, 2012).

O resultado do procedimento de álgebra de mapas contendo a Espacialização de Restrição de Temperatura, a Classificação Textural indexada a sua capacidade de retenção de água, e a Espacialização do Déficit Hídrico Anual, é o Zoneamento Agrícola para (*Brassica napus L. var oleifera*), que reclassificado e referenciado seguindo a metodologia proposta por Santos *et al.* (2015), resultou no mapa exposto na Figura 33 a seguir:

Figura 33 - Zoneamento Agrícola para Canola (*Brassica napus L. var oleifera*) na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba- MG



Fonte: Autor (2018)

A exposição da legenda observada no zoneamento agrícola, indica cinco classes, sendo as classes de aptidão de cultivo, segregadas entre áreas com Irrigação Ocasional, Obrigatória e complementar, e as áreas descritas como Restrição, são áreas onde pode-se cultivar a canola porém, devido as restrições climáticas, podem não produzir com eficiência normal, devido o decaimento na produtividade de óleo, como observado por Luz (2011).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos comprovaram a significância dos fatores utilizados na elaboração dos modelos digitais propostos e concomitantemente na execução do zoneamento agrícola. A identificação destes fatores, deu-se não somente pelo observância do resultado satisfatório, como de indicativos subsequentes, quando às bases de dados que quando processadas, transpareciam informações observadas também por outros autores, ou em condições e métodos de controle como portarias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que atualmente é a principal instituição responsável pela elaboração dos zoneamentos agrícolas de risco climático das mais variadas espécies vegetais no Brasil.

O processo de elaboração dos balanços hídricos, apesar de satisfatórios para o ano de base utilizado no estudo, deveria contar com maior representatividade de dados climáticos e de estações climatológicas automáticas, mas devido ao fato de apenas as estações espacializadas estarem em concordância de qualidade de dados, abrangência, e intervalo temporal adequados, e mostrarem informações satisfatórias para a execução do estudo, somente estas foram utilizadas. Em observância do período de um ano, mesmo não sendo enquadrado como uma normal climática, os dados das estações automáticas que foram utilizados neste estudo, eram consistentes e pôde-se concluir que a utilização de dados climáticos oriundos de estações automáticas no brasil ainda é muito recente, com um portfólio estacionário nacional relativamente jovem, negando a possibilidade de construção de normais climáticas com dados oriundos destas estações atualmente, mas abrindo possibilidade para utilização dos dados com intervalos temporais consolidados e intervalos de aquisição de informações confiáveis.

A classificação do resultado do zonemaneto agrícola e as classes de aptidão para cultivo da Canola (*Brassica napus L. var oleifera*), mostraram-se satisfatórias, comprovando a

metodologia e sua aplicação, assim como expansão e possibilidade de utilização em áreas e ou culturas diversas.

## REFERÊNCIAS

- ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. 2016. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario\\_Estatistico\\_ANP\\_2016.pdf](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf)>. Acesso em: 05 Abr. 2017.
- BANDEIRA, T. P.; CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O.; **Desempenho Agronômico de Canola em Diferentes Espaçamentos Entre Linhas e Densidade de Plantas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira., Brasília, v.48, n.10, p.1132-1341, out. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000004>
- BRASIL. Lei Federal nº 11.097, de 13 de Janeiro de 2005. **Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis ns. 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências.**, Brasília, DF, 06 ago.1997. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/437007.pdf>>. Acesso em: 18 abr 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de agroenergia 2006-2011**. 2a ed. rev. Brasília,DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: <[http://bbeletronica.sede.embrapa.br/bibweb/bbeletronica/2006/inst/inst\\_11.pdf](http://bbeletronica.sede.embrapa.br/bibweb/bbeletronica/2006/inst/inst_11.pdf)>. Acesso em: 22 de jun 2017.
- BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA, Secretaria de Política Agrícola. **Portaria Nº 485, De 13 de Dezembro de 2011**.EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo - RS - Brasil, p. 1 – 10, 2012.
- BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola. **Portaria Nº 326, De 6 de Dezembro de 2012**. - Brasil, Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPorMapa&chave=1340903316>> Acesso em: 13 dez 2017.
- CECÍLIO, R. A.; SILVA, K. R.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M. **Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico**. Pesquisa Agropecuária Brasileira., Brasília, v.47, n.4, p.478-488, abr. 2012
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Conjuntura Mensal. **Canola, Período: Janeiro de 2017**. Brasil, Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-canola>> Acesso em: 08 nov 2018.
- CPRM, **Geodiversidade do estado de Minas Gerais** / Organização Marckely Ferreira Marchado [e] Sandra Fernandes da Silva. — Belo Horizonte: CPRM, 2010. 131 p

ESTEVEZ, R. L.; DUARTE, J. B.; CHAMBO, A. P. S.; CRUZ, M. I. F.; **A cultura da canola (Brassica napus var. oleifera)**. Revista Brasileira Scientia Agraria Paranaensis, v.13, n.1, jan./mar., p.1-9, 2014.

<https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v13n1p1-9>

ESCOBAR, José C. et al. Biofuels: Environment, technology and food security. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 13, n. 6-7, p.1275-1287, ago. 2009.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.014>

GADRET, Eduardo Trajano. **Barreiras e regulamentos técnicos ao comércio dos biocombustíveis na União Européia**. In: Congresso Brasileiro De Plantas Oleaginosas, Óleo, Gordura E Biodiesel, 6., 2009, Montes Claros. Anais...Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009.

GAURAV, N. et al. Utilization of bioresources for sustainable biofuels: A Review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 73, p.205-214, jun. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.070>

GUO, M.; SONG, W.; BUHAIN, J. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 712-725, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.013>

HASAN, M.m.; RAHMAN, M.m.. Performance and emission characteristics of biodiesel–diesel blend and environmental and economic impacts of biodiesel production: A review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 74, p.938-948, jul. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.045>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de dados de Divisão Geopolítica**, 2015. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2015/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/)>. Acesso em 8 de junho de 2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, **Estações Automáticas**, 2015. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 8 de junho de 2017.

KNOTHE, Gerhard et al. Biodiesel fuels. **Progress In Energy And Combustion Science**, [s.l.], v. 58, p.36-59, jan. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2016.08.001>

LUZ, Gean Lopes da,. **Exigência Térmica e Produtividade de Canola em Diferentes Épocas de Semeadura em Santa Maria – RS**, 2011. Tese de Doutorado – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria -RS. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3202/LUZ,%20GEAN%20LOPES%20DA.pdf>>

MELLO, Yara Rúbia de; OLIVEIRA, Therezinha Maria Novais de. Análise Estatística e Geoestatística da Precipitação Média para o Município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, 229-239, 2016

<https://doi.org/10.1590/0102-778631220150040>

OLIVEIRA, Fernando C. de; COELHO, Suani T.. History, evolution, and environmental impact of biodiesel in Brazil: A review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 75, p.168-179, ago. 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.060>

OSAKI, Mauro, BATALHA, Mario Otávio, **Produção De Biodiesel E Óleo Vegetal No Brasil: Realidade E Desafio**. Organizações Rurais & Agroindustriais [en linea] 2011, 13 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87819763006>> ISSN 1517-3879

SANTOS, A. R. et al. **Zoneamento Agroclimático no ArcGIS 10.3.1 Passo a Passo**. Alegre: CAUFES, 2015, 58 p.

SHARMA, Yogesh; PARNAS, Richard; LI, Baikun. Bioenergy production from glycerol in hydrogen producing bioreactors (HPBs) and microbial fuel cells (MFCs). **International Journal Of Hydrogen Energy**, [s.l.], v. 36, n. 6, p.3853-3861, mar. 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.12.040>

TAN, X. - L.; KONG, F. - M.; ZHANG, L. - L.; LI, J.; CHEN, S.; QI, C. - K. **Cloning and analysis of hemoglobin gene in Cyanobacterium and transformation into Brassica napus (L.)**. Acta Agronomica Sinica, v.35, p.66- 70, 2009.

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 113). Disponível em:<[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do113.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm)>.

UFV, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Centro de Ciências Agrárias. **Base de dados de Solos**, 2010. Disponível em: <[http://www.dps.ufv.br/?page\\_id=742](http://www.dps.ufv.br/?page_id=742)> Acesso em: 27 de junho. de 2016.

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em:<<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 27 de junho. de 2016.